

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Jari Loikkanen

PURUVEDEN RAUVANJÄRVI-HEPOJOKI -VALUMA-ALUEELLE
SUUNNITELTUIEN VESIENSUOJELUTOIMENPITEIDEN VAIKUT-
TAVUUS

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2014
Metsätalouden koulutusohjelma

Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
p. 013 260 6900

Tekijä(t)
Jari Loikkanen

Nimeke
Puruveden Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojelutoimenpiteiden vaikuttavuus

Toimeksiantaja
Suomen metsäkeskus

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin Puruveden Rauvanjärvi-Hepojoki -osavaluma-alueen ravinne- ja kiintoainekuormitus sekä Suomen metsäkeskuksen ehdottamilla vesiensuojelutoimenpiteillä saatava kuormituksen vähenemä.

Suomi on tunnettu puhtaiden vesistöjen maana, jossa tärkeinä elinkeinoina ovat teollisuuden lisäksi maa- ja metsätalous. Maa- ja metsätalouden toimet aiheuttavat ravinne- ja kiintoainekuormitusta, joka kulkeutuu valuma-alueelta valuvan veden mukana alapuolisiin vesistöihin aiheuttaen vesien tilan heikkenemistä. EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin tavoitteena kuitenkin on kaikkien pintavesien hyvä ekologinen tila. Puruvesi on luontoarvoltaan omalaatuinen järviollas, jonka tilan heikentyminen on huolestuttanut paikalliset yhteisöt ja asukkaat.

Tiedot valuma-alueen eri maankäyttömuodoista saatiin Metsäkeskukselta, Maaseutuvirastolta ja Savonlinnan kaupungilta. Aikaisemmista tutkimuksista saatujen ominaiskuormitusarvojen avulla laskettiin alueen kuormitus maankäyttömuodoittain vuodelle 2013. Vesiensuojeluteknisten ratkaisujen tehokkuudesta tehtyjen tutkimustulosten avulla laskettiin alueelle ehdotetuilla rakenteilla saatava ravinne- ja kiintoainekuormituksen vähenemä.

Saatujen tulosten perusteella Puruveteen päätyi tarkastelussa olleelta alueelta 275 kg fosforia, 4 332 kg typpeä ja 16 300 kg kiintoainetta vuonna 2013. Alueelle ehdotetuilla vesiensuojeluteknisillä rakenteilla saataisiin kuormitusta vähennettyä fosforin osalta 48 %, typen osalta 42 % ja kiintoaineen osalta 66 %.

Kieli
suomi

Sivuja 49

Asiasanat
vesiensuojelu, kuormitus, Puruvesi



THESIS
May 2014
Degree Programme in Forestry
Sirkkalantie 12 A
FI 80100 JOENSUU
FINLAND
Tel. 013 260 6900

Author(s)
Jari Loikkanen

Title
The Impact of Water Protection Actions Planned for Watershed Area of Rauvanjärvi-Hepojoki in Puruvesi Lake System

Commissioned by
The Finnish Forest Centre

Abstract

The major objective of this thesis was to study the loading of nutrients and suspended solids in the river-basin of Rauvanjärvi-Hepojoki of Puruvesi Lake System and further, the decrement, which can be achieved by water protection methods proposed by The Finnish Forest Centre.

Finland is known as a country with clear and clean waters and where, not only industry, but also agriculture and forestry, are important sources of livelihood. Agriculture and forestry cause loading of nutrients and suspended solids, which are leaking from the watershed to the downstream water systems and cause deterioration of water quality. However, the aim of EUs' Water Framework Directive is a good ecological condition of all surface water. Puruvesi has a special nature value as a unique lake basin and deterioration of its state has caused anxiety among local people and communities.

The data of different land use forms of the watershed area was collected from the Finnish Forest Centre, Agency For Rural Affairs and Town of Savonlinna. Loading per every land use form in the area for the year 2013 was calculated together with the specific load values selected from the previous researches. Then the load decrement, obtained by the proposed constructions, was also calculated with the help of the results of the previous researches on the effectivity of technical water protection solutions.

The results suggest that from the watershed area of the research, 275 kg phosphorus, 4,332 kg nitrogen and 16,300 kg suspended solids ended up in Lake Puruvesi in the year 2013. It was found out that the decrement achieved with water protection constructions would be 48 % for phosphorus, 42 % for nitrogen and 66 % for suspended solids.

Language
Finnish

Pages 49

Keywords
Water protection, load, Lake Puruvesi

Sisältö

Sisältö	4
1 Johdanto	5
1.1 Taustaa	5
1.2 Keskeiset käsitteet	6
1.3 Toimeksiantaja	7
2 Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alue	8
3 Kuormituslähteet ja kuormituksen laskentamenetelmät	10
3.1 Aineiston hankinta	10
3.2 Metsätalous	11
3.3 Maatalous	13
3.4 Haja- ja vapaa-ajanasutus	15
3.5 Turvetuotanto	17
3.6 Muu huuhtouma	18
3.7 Ravinteiden ja kiintoaineen pidätyvyys vesistöön	18
4 Vesiensuojelutekniset rakennelmat ja pidättymisen laskenta	20
4.1 Yleistä	20
4.2 Laskeutusallas	20
4.3 Putkipato	22
4.4 Pohjapato	23
4.5 Kosteikko	24
4.6 Pintavalutuskenttä	26
4.7 Rakenteiden kustannuksia	27
4.8 Kuormituksen pidättymisen laskenta	29
5 Työn tavoitteet ja rajausta	29
6 Ehdotetut vesiensuojelutoimenpiteet	30
6.1 Kosteikot ja pintavalutuskentät	30
6.2 Pohjapadot	33
6.3 Laskeutusaltaat	36
6.4 Putkipadot	36
7 Tulokset	37
7.1 Maankäyttömuodot valuma-alueella	37
7.2 Kokonaisfosforikuormitus	38
7.3 Kokonaistyyppikuormitus	40
7.4 Kiintoainekuormitus	41
7.5 Vesiensuojeluteknisten ratkaisujen tehokkuus	43
7.6 Kustannukset	44
8 Yhteenveto	44
9 Päättäjä	46
Lähteet	48

Kuvat, kuviot ja taulukot

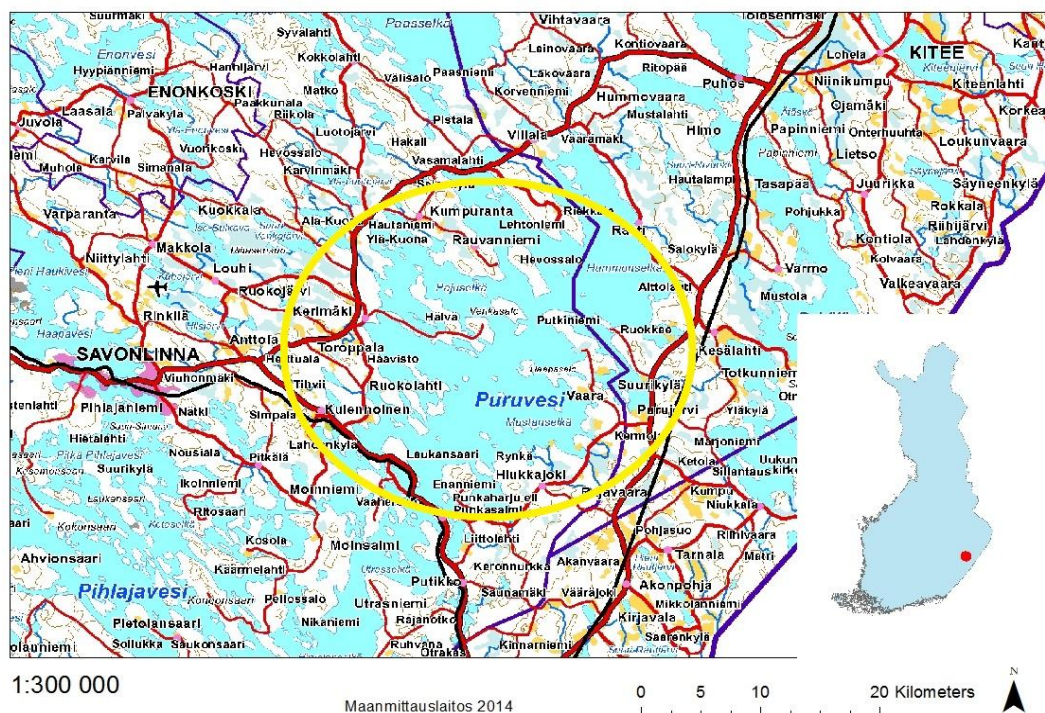
Kuva 1.	Puruvesi
Kuva 2.	Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alue
Kuva 3.	Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alue ja pienvaluma-alueet
Kuva 4.	Laskeutusaltaan toimintaperiaate
Kuva 5.	Putkipadon rakenne
Kuva 6.	Pohjoismaisissa ja USA:laisissa kosteikoissa mitattuja kokonaisfosforin ja -typen poistumia suhteessa kosteikon pinta-alaan
Kuva 7.	Näkymä entisen turvetuotantoalueen kaakkois-päästä
Kuva 8.	Laskuoja Rauvanjärveen
Kuva 9.	Ehdotettujen kosteikoiden ja pintavalutuskentän sijainti
Kuva 10.	Pohjapatojen suunniteltu sijoitus
Kuva 11.	Lasku-uoma, johon pohjapadot on tarkoitus sijoittaa
Kuva 12.	Lasku-uoma, johon pohjapadot on tarkoitus sijoittaa
Kuva 13.	Laskeutusaltaiden sijainti
Kuva 14.	Putkipatojen suunniteltu sijainti
Kuva 15.	Pienvaluma-alueet
Kuvio 1.	Kuormituslähteiden osuudet kokonaisfosforikuormituksesta
Kuvio 2.	Kuormituslähteiden osuudet kokonaistyyppikuormituksesta
Kuvio 3.	Kuormituslähteiden osuudet kiintoainekuormituksesta
Taulukko 1.	Laskeutusaltailla saatavat kiintoaine- ja ravinnepoistumat
Taulukko 2.	Putkipatoaltaiden ravinnepoistumat
Taulukko 3.	Kosteikot metsätaloudessa -selvityksen kosteikkojen mitatut ainepoistumat
Taulukko 4.	Pintavalutuskentän pidätystehokkuus
Taulukko 5.	Putkipadon rakentamiskustannuksia Keski-Suomessa tehtyjen rakenteiden mukaan
Taulukko 6.	Maankäyttömuodot pienvaluma-alueittain
Taulukko 7.	Kotieläinten määrät pienvaluma-alue 3:lla
Taulukko 8.	Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta lähtevä kokonaisfosforikuormitus maankäyttömuodoittain
Taulukko 9.	Kokonaisfosforikuormitus pienvaluma-alueittain
Taulukko 10.	Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta lähtevä kokonaistyyppikuormitus maankäyttömuodoittain
Taulukko 11.	Kokonaistyyppikuormitus pienvaluma-alueittain
Taulukko 12.	Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueen kiintoainekuormitus maankäyttömuodoittain vuonna 2013
Taulukko 13.	Kiintoainekuormitus pienvaluma-alueittain
Taulukko 14.	Vesiensuojelutoimenpiteillä saatava ravinne- ja kiintoainevähenemä
Taulukko 15.	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden kustannuksia

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Ympäristöasiat ovat herättäneet paljon keskustelua ja mielenkiintoa jo useamman kymmenen vuoden aikana. Lisääntynyt ympäristöntutkimus ja globaali huoli luonnon nopeasta saastumisesta ihmisen toiminnan takia ovat saaneet meidät tarkastelemaan myös lähiympäristömme tilaa. Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan rajalla, Savonlinnan ja Kiteen kaupunkien alueella sijaitseva Puruvesi (kuva 1) on tästä hyvä esimerkki. Järvi on erittäin omaleimainen, kirkasvetinen ja karu. Puruveden pinta-ala on noin 320 km² ja sen selkävesistä suurin osa kuuluu Natura 2000 -alueeseen (ELY-keskus 2013). Maa- ja metsätalous, turvetuotanto sekä asutuksen jätevesien kuormitus ovat vaikuttaneet Puruveden tilaan, mikä näkyy etenkin lahtivesissä.

Puruvedellä vesien tilan heikkeneminen on jo vuosien ajan huolestuttanut rantojen asukkaita ja paikallisia yrityksiä sekä yhteisöjä. Kalastajat ovat huomanneet veden rehevöitymisen pyyntivälineiden limoittumisena ja näkösyvyyden heikkenemisenä. Rannalla vakituisesti asuvat sekä kesämökkiläiset ovat niin ikään huomanneet samentuneen veden ja rannoilla lisääntyneen vesikasvuston.



Kuva 1. Puruvesi.

Puruveden kunnostamistarpeet -yleissuunnitelma on Suomen metsäkeskuksen toteuttama hanke, jossa yhteistyökumppaneita ovat Pro Puruvesi ry, Kiteen ja Savonlinnan kaupungit sekä Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan ELY-keskukset. Hankkeen toteutusaika on 1.1.2013–31.12.2014.

Etelä-Savon Metsäkeskus on kartoittanut Puruveden valuma-aluetta ja antanut vesiensuojelutoimenpide-ehdotuksia maastokäyntien perusteella. Koko Puruveden valuma-alue on jaettu kolmannen jakovaiheen valuma-alueisiin, joista yhtä, Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-aluetta, tarkastellaan tässä opinnäytetyössä.

1.2 Keskeiset käsitteet

Valuma-alue

Alue, jolta pintavedet luonnostaan valuvat yhteen ja samaan vesistöön purkupisteen kautta.

Kuormitus

Ravinteiden ja kiintoaineen päätyminen vesistöön.

Vesiensuojelutekninen rakenne

Rakenne, jolla pyritään vähentämään valumaveden mukana kulkeutuvia ravinne- ja kiintoainemääriä. Esimerkiksi pintavalutuskenttä.

Kokonaisfosfori (Kok. P)

Valumaveden mukana kulkeutuva fosforin määrä. Mukana kokonaisfosforimäärässä on sekä veteen liuennut fosfori, että kiintoaineen mukana kulkeutuva fosfori.

Kokonaistyyppi (Kok. N)

Valumaveden mukana kulkeutuva typen määrä. Mukana kokonaistyyppimäärässä on sekä kiintoaineeseen sitoutunut, että vedessä liukoisena oleva tyyppi.

Kiintoaine

Kiintoaine on hiukasmaista materiaalia. Se voi olla elotonta, kuten hiesu tai savi, tai elollista, kuten kasviaines. Valumavesissä kiintoaine kulkeutuu veteen sekoittuneena tai pohjaa pitkin vierimällä. Kiintoaine aiheuttaa veden samentumista ja hitaan virtaaman alueella tapahtuu pohjaan sedimentoitumista. (Sillanpää, Bilaletdin, Kaipainen, Frisk & Sallantaus 2006, 8.)

1.3 Toimeksiantaja

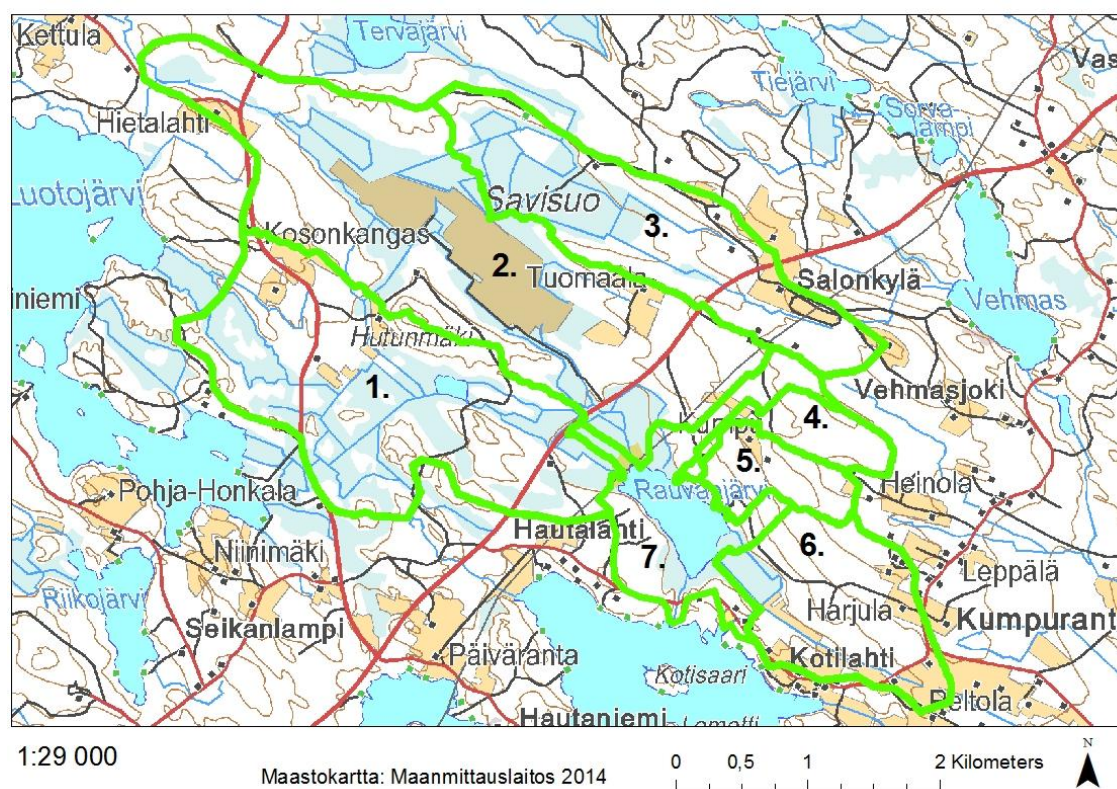
Toimeksiantajana tässä opinnäytetyössä on Suomen metsäkeskuksen julkisten palveluiden Etelä-Savon alueyksikkö. Suomen metsäkeskus hoitaa metsien kestävänsä hoitoon ja käyttöön sekä metsien monimuotoisuuden säilyttämiseen liittyviä tehtäviä. Suomen metsäkeskus koostuu kahdesta erillisestä yksiköstä, julkisista palveluista sekä liiketoimintayksiköstä, OTSO Metsäpalveluista.

OTSO Metsäpalveluiden toiminta perustuu liiketoimintaan ja rahoitus saadaan metsäpalveluista, joita ovat muun muassa metsäsuunnittelu, puunkorjuupalve-

Suurin osa valuma-alueen pinta-alasta on metsätalouskäytössä. Alueella on jonkin verran maanviljelystä ja haja-asutusta. Valuma-alueen sisään jää Rauvanjärvi, jonka kautta vedet laskevat Puruveteen. Rauvanjärvi osaltaan toimii luonnonmukaisena laskeutusaltaana ja kosteikkona ennen Puruvettä.

Kolmannen jakovaiheen valuma-alue on jaettu valuma-alueanalyysillä seitsemään pienvaluma-alueeseen. Viisi niistä laskee ensin noin 30 hehtaarin suuruiseen Rauvanjärveen, josta vedet virtaavat Puruveden Hautalahteen. Pienvaluma-alue 7 käsittää Rauvanjärven ja sitä ympäröivän maa-alueen (kuva 3). Pienvaluma-alue 6 laskee suoraan Puruveteen.

Hepojoki-Rauvanjärvi -valuma-alueella on Vapo Oy:n turvetuotantoalue, joka on ollut poissa tuotannosta muutaman vuoden ajan. Pinta-alaa kyseisellä tuotantoalueella on noin 80 hehtaaria. Tammikuussa 2014 Vapo Oy päätti, että tuotantoa ei alueella jatketa.



Kuva 3. Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alue ja pienvaluma-alueet 1–7.

3 Kuormituslähteet ja kuormituksen laskentamenetelmät

3.1 Aineiston hankinta

Aineistoa hankittiin työtä varten Metsäkeskukselta, Maaseutuvirastosta ja Savonlinnan kaupungin tekniseltä toimelta. Maa- ja metsätalousministeriön Tietopalvelukeskukselle (Tike) tehtiin lupahakemus työssä tarvittavien tietojen saamiseksi.

Valuma-alueen maankäyttömuodoista metsätalousalueiden tiedot saatiin Metsäkeskukselta. Tiedot tarvittiin viimeisen 10 vuoden aikana hakatuilta alueilta, koska tätä vanhempien päätehakkuualoilta ei synny merkittävää kuormituslisää. Tarvittavat hakkuualojen tiedot haettiin metsänkäyttöilmoituksista Metsäkeskuksen Aarni-järjestelmästä. Tarkkaa hakkuuajankohtaa ei metsänkäyttöilmoituksista selviä, mutta hakkuu tapahtuu keskimäärin ensimmäisen vuoden kuluttua ilmoituksen saapumisesta (Lehtinen 2013), joten laskennassa on käytetty vuosien 2002–2012 aikana saapuneitten ilmoitusten mukaisia hakkuutietoja.

Kunnostusojitusalueet saatiin käyttöön Metsäkeskuksen tietokannasta paikkatietoaineistona. Valumaveden kiintoainespitoisuus vähenee reilussa kymmenessä vuodessa selvästi, eikä kunnostusojituksen jälkeistä kiintoainespitoisuuden vuodenaikaisvaihtelua ole enää havaittavissa (Joensuu, Vuollekoski, & Karasto 2006, 88). Näin ollen kunnostusojitusalueet otettiin ravinnekuormituksen laskentaan kymmenen edellisen vuoden ajalta. Tike:ltä saatiin paikkatietona aineistot valuma-alueella sijaitsevista pelloista ja kotieläimistä. Aineisto sisälsi vuoden 2013 tiedot peltojen pinta-aloista, kasvilajikkeista sekä kotieläinten lajit ja lukumäärät sijaintitietoineen.

Savonlinnan kaupungin tekniseltä toimelta saatiin haja- ja loma-asutusta koskevat tiedot. Aineisto sisälsi ympäri vuoden asuttujen talouksien ja loma-asutuksen sijaintitiedot kartalla, koordinaatteina sekä asukasmäärät.

Metsäkeskuksen maastoselvityksessä tekemät vesiensuojelutoimenpidehdotukset saatiin myös paikkatietoaineistona. Aineistojen käsittelyssä ja koh-

dentamisessa pienvaluma-alueittain sekä karttojen teossa käytettiin apuna ArcGIS-paikkatieto-ohjelmaa. Taustakartat saatiin Maanmittauslaitoksen la-
tauspalvelusta.

3.2 Metsätalous

Metsätalouden toimenpiteisiin kuuluu monia intensiteetiltään ja ympäristövaiku-
tuksiltaan vaihtelevia toimenpiteitä. Näitä ovat vesitalouden parantamiseen täh-
täävät toimenpiteet, hakkuu ja puunkorjuu, maanmuokkaus ja lannoitus. (Sillan-
pää, Bilaletdin, Kaipainen, Frisk & Sallantaus 2006, 9–11.)

Alueellisesti metsätalouden toimenpiteet eivät ole yleensä suurin kuormitusta
aiheuttava tekijä. Paikallisesti metsätalouden toimenpiteillä voi kuitenkin olla
hyvinkin suuri merkitys, esimerkiksi pienvesien läheisyydessä. Kiintoainekuor-
mituksesta suurimman osan metsätalouden toimenpiteissä aiheuttavat kunnos-
tusoitus ja maanmuokkaus. Liukoisten ravinteiden huuhtoutumista syntyy puo-
lestaan eniten lannoituksista. (Joensuu, Makkonen & Ahtila 2007, 6.) Tarkaste-
lussa olevalla osavaluma-alueella lannoituksia ei kuitenkaan ole äskettäin tehty,
joten niitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Avohakkuulla on usein selvä vaikutus alueen hydrologiaan (Sillanpää ym. 2006,
12). Hakkuiden vaikutuksia valumavesien laatuun on Suomessa tutkittu useissa
eri tutkimuksissa 1970-luvulta lähtien (Haapanen, Kenttämies, Porvari & Sallan-
taus 2006, 43.) Uudistushakkuuta seuraa useimmiten maanpinnan käsittely lai-
kuttamalla tai mätästämällä. Aiemmissa tutkimuksissa, kuten Nurmes-
tutkimuksessa, maanmuokkaustavat ovat olleet voimakkaampia, kuin mitä ny-
kypäivänä on käytössä (Ahtiainen, Finér, Haapanen, Kenttämies, Mattson &
Rämö 2003, 26–27.) Tältä osin pelkästään näiden tutkimusten tuloksia tuleekin
käyttää nykypäivänä varauksella.

Hakkuiden ja maanmuokkauksen vaikutuksista erikseen turve- ja kivennäismail-
le on tehtyjen tutkimusten valossa vaikea määrittää ominaiskuormitusarvoja.
Pirkanmaan ympäristökeskuksen julkaisussa Metsätalouden aiheuttaman

kuormituksen laskentamenetelmä (Sillanpää ym. 2006) esitellään yleispätevä malli tärkeimpien metsätalouden toimenpiteiden aiheuttamien vesistökuormitusten laskentaan. Mallin rakentamista varten tutkimukseen on koottu jo aiemmissa tutkimuksissa saatua aineistoa erityyppisiltä alueilta, niin uudis-, kunnostusojitus-, kuin metsänuudistusaloilta (Sillanpää ym. 2006, 15).

Metsätalouden toimenpiteet käynnistävät luonnossa monimutkaisia prosesseja, joita ei ymmärretä riittävän tarkasti ja toisaalta kuormituksen kehitykseen vaikuttavat myös satunnaisesti vaihtelevat muuttujat, joita ei voida tarkoin ennustaa (Sillanpää ym. 2006, 16). Mallia laskettaessa on lähdetty seuraavista oletuksista (Sillanpää ym. 2006):

1. Eri alueilla kuormitus lisääntyy luonnonhuuhtoumaan suhteutettuna yhtä paljon.
2. Kuormituksen kasvu on suoraan verrannollinen käsitellyn alueen suhteelliseen osuuteen valuma-alueesta.
3. Ravinne- ja kiintoainehuuhtouman maksimi saavutetaan yhden vuoden kuluttua toimenpiteestä ja tämän jälkeen häiriön korjautuminen alkaa välittömästi.
4. Kuormituksen aleneminen tapahtuu eksponentiaalisesti.
5. Kuormituksen vaikutus katsotaan päättyneeksi, kun vuosittainen kuormituslisä laskee alle kymmenesosaan alkuperäisestä luonnonhuuhtoumasta.

Kuormituksen laskentamalli kunnostusojitukselle ja metsänuudistamiselle on muotoa:

$$L(t) = L_0 p k_{L(1)} e^{-\lambda(t-1)}$$

missä

$L(t)$ = kuormitus t vuotta toimenpiteen jälkeen

L_0 = vuosihuutouma ennen toimenpidettä

p = toimenpiteen suhteellinen osuus valuma-alueen pinta-alasta

$k_{L(1)}$ = suhteellinen kuormituslisä vuoden päästä toimenpiteestä

t	= aika vuosissa
λ	= kuormituksen alkamisnopeutta osoittava vakio

Yhdistämällä kaikki aineistot saatiin eri toimenpiteille muodostettua laskukaavat, joiden avulla voidaan laskea kokonaisfosforin ja -typen, sekä kiintoaineen kuormitus toimenpidealueelle. Seuraavissa kaavoissa toimenpiteen osuus valuma-alueesta on 100 %, eli kertoimen p arvo on 1. (Sillanpää ym. 2006, 23.)

	Kok.P	Kok.N	Kiintoaine
Kunnostusojitus	$L_t = L_0 * 1,51e^{-0,72(t-1)}$	$L_t = L_0 * 1,23e^{-0,33(t-1)}$	$L_t = L_0 * 7,81e^{-0,29(t-1)}$
Metsänuudistaminen	$L_t = L_0 * 1,80e^{-0,37(t-1)}$	$L_t = L_0 * 1,41e^{-0,25(t-1)}$	$L_t = L_0 * 1,06e^{-0,21(t-1)}$

Vuosihuuhtoumana ennen toimenpidettä (L_0) käytetään tässä työssä seuraavia kuormitusarvoja:

Kokonaisfosfori **11 kg/km²/vuosi**

Kokonaistyyppi **190 kg/km²/vuosi**

(Kortelainen & Saukkonen 1998, Kortelainen ym. 2003, 20 mu
kaan).

Kiintoaine **310 kg/km²/vuosi**

(Saukkonen & Kortelainen 1995, 30).

3.3 Maatalous

Vaikka maataloudessa ravinteet pyritäänkin ensisijaisesti hyödyntämään ja pidentämään pelloilla, päästöjä vesiin tapahtuu aina jonkin verran (Hagelberg, Karhunen, Kulmala & Larsson 2009, 3). Maatalouden aiheuttama kuormitus syntyy peltoviljelystä ja eläinten kasvatuksesta. Maatalouden aiheuttama kuormitus on tyypillisesti hajakuormitusta ja vaihtelee voimakkaasti vuodenaikojen

mukaan. Kuormitukseen keskeisesti vaikuttavat taustatekijät, kuten maaperän laatu, maanpinnan kaltevuus ja sadanta vaihtelevat alueittain. (Väisänen & Puustinen 2010, 7.)

Peltoalueiden vuosikuormitusta on tutkittu muun muassa SeMaTo-hankkeessa Aurajoen Savijoella. Hankkeessa kehitettiin valuma-alueiden seurantamenetelmiä. Vedenlaatua ja virtaamia mitattiin erilaisilla automaattisilla vedenlaatuantureilla. (Linjama, Granlund, Kotilainen, Puustinen, Tattari, Koskiahho & Mäkinen 2010, 13.) Kuormituksen vuodenaikaisjakauman tutkimusjakso jaettiin kesä-, syksy-, talvi- ja kevätjaksoihin. Näitä kuormitusjaksoja vertaamalla on todettu, että kuormitus painottuu erittäin voimakkaasti talvikauteen. Kasvukauden ajan kuormitus sen sijaan on hyvin vähäistä verrattuna muihin kausiin. (Linjama ym. 2010, 18.) Peltoalueiden kiintoainehuuhtoumana tässä työssä käytetään Liperissä tehdyistä tutkimuksista saatuja tuloksia. Liperin Siikasalmen maatalousoppilaitoksen huuhtoutumiskoe kentällä tutkittiin viljelykäytäntöjen vaikutusta ravintehuuhtoumiin vuosina 1989–2000. (Kukkonen, Niinioja & Puustinen 2004, 7–8.)

Laskennassa käytettävä kiintoaineen ominaiskuormitusarvo saatiin laskemalla yhteen Liperin koe kentän pinta- ja salaojavalunnan kuormitukset kauden (1.9.–31.5.) ja kesän (1.6.–31.8.) ajalta. Erikoiskasvien (peruna, kasvimaat) kiintoainehuuhtoumana käytetään kynnöksen kiintoainehuuhtoumaa. (Kukkonen ym. 2004, 31 ja 46–47.) Peltoalueiden kuormituksen laskennassa käytetään alla olevia luokituksia ja ominaiskuormitusarvoja.

Kokonaisfosfori:

Viljat	1,5 kg/ha/vuosi
Nurmet ja kesannot	0,7 kg/ha/vuosi
Erikoiskasvit	2 kg/ha/vuosi

Kokonaistyyppi

Viljat	20 kg/ha/vuosi
Nurmet ja kesannot	10 kg/ha/vuosi
Erikoiskasvit	20 kg/ha/vuosi

(Tossavainen 2014).

Kiintoaine

Viljat	90 kg/ha/vuosi
Nurmet ja kesannot	54,3 kg/ha/vuosi
Erikoiskasvit	119,4 kg/ha/vuosi

(Kukkonen ym. 2004).

Kotieläinten lannan aiheuttaman fosfori- ja typpikuormituksen laskennassa käytettävät yksiköt saadaan kertomalla eläinten lukumäärä kullekin eläimelle annettulla kertoimella. Kertoimet vaihtelevat välillä 0,017–0,8. Eläinten lukumäärän ja kertoimen avulla saatavat fosfori- ja typpiyksiköt (PY, NY) kerrotaan vielä seuraavasti:

Fosfori	PY x 12 kg/vuosi
Typpi	NY x 80 kg/vuosi

3.4 Haja- ja vapaa-ajanasutus

Vuonna 2000 voimaan tulleen ympäristönsuojelulain mukaan vesihuoltolaitosten jätevesiverkostojen ulkopuolella olevan asutuksen jätevedet eivät saa aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaraa. Vesikäymälän jätevedet ja muut talousvedet on käsiteltävä ennen niiden johtamista vesistöön tai maahan. (Ympäristönsuojelulaki 2000, 103 §) Valtioneuvoston asetus viemäriverkostojen ulkopuolisten jätevesien käsittelystä määrää vähimmäisvaatimukset jätevesien puhdistusasolle. Ympäristöön aiheutuvan kuormituksen on vähennyttävä orgaanisen

aineen osalta vähintään 80 %, kokonaisfosforin vähintään 70 % ja kokonaistyyppien osalta vähintään 30 %. (Valtioneuvoston asetus 209/2011)

Kunnallisten viemäriverkostojen ulkopuolella asuu lähes miljoona asukasta (Mattila 2005, 142). Lisäksi vesistöjen rannoilla on noin puoli miljoonaa vapaa-ajan asuntoa (Tilastokeskus 2012). Haja- ja vapaa-ajan asutuksen aiheuttama kuormitus on paikoin merkittävä, asutuksesta peräisin olevan jäteveden fosfori on pääosin liukoisessa muodossa ja siten vesistöön päätyessään välittömästi kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Näin ollen vesistön rehevöityminen on nopeaa ja osaltaan aiheuttaa merkittävän lisäkuorman. (Mattila 2005, 142.)

Suomen ympäristökeskuksen vuosina 2003–2004 toteuttamassa Ravinnesampo-hankkeessa tutkittiin kiinteistökohtaisia jätevesien puhdistusjärjestelmiä. Tutkittavana oli noin 20 erityyppistä puhdistamotyyppiä. (Vilpas, Kujala-Räty, Laaksonen & Santala 2005, 7–8.) Yli 40 puhdistamon keskimääräiset päästöt olivat seuraavat:

Kokonaisfosfori	0,39 g/asukas/vrk
Kokonaistyyppi	4,4 g/asukas/vrk
Kiintoaine	2,2 g/asukas/vrk

(Vilpas ym. 2005, 39–43).

Vapaa-ajan asunnoissa asuu Kaakkois-Suomessa keskimäärin 2,7 asukasta (Koskela 2004, 41), mitä tietoa hyväksi käyttäen voidaan laskea loma-asumisen aiheuttama kuormitus. Loma-asutuksen käyttöaste ja käymälätyypit eroavat vakinaisesta asutuksesta, minkä vuoksi niille on laskettu omat ominaiskuormitusarvot.

Loma-asutuksen kuormituskertoimina käytetään seuraavia arvoja:

Kokonaisfosfori	0,02 kg/asukas/vuosi
Kokonaistyyppi	0,05 kg/asukas/vuosi
Orgaaninen aine	0,72 kg/asukas/vuosi

(Koskela 2004, 41).

3.5 Turvetuotanto

Vuoden 2009 turpeentuotantokauden alussa Suomessa oli turvetuotantoalaa lähes 63 000 hehtaaria (VTT 2009, 11). Turvetuotanto aiheuttaa vesistöön kiintoaine-, humus-, ja ravinnekuormitusta. Alueellisesti turvetuotannolla voi olla hyvinkin suuri merkitys vesistön laatuun vaikuttavana tekijänä. (Mattila 2005, 141.)

Turpeen tuotannon aikaisen kuormituksen suuruus riippuu turpeen laadusta, turvekerroksen paksuudesta, sääoloista ja valumaveden käsittelystä. Vanhalta ohutturpeiselta suolta lähtee useammin liikkeelle valumapiikki, kun vettä pidättävää turvekerrosta on vähemmän. (Mattila 2005, 141–142.) Kiintoaineen huuhtoutuminen on turvetuotannon merkittävin kuormituksen aiheuttaja, joka on seurausta turpeen eroosiosta paljaasta tuotantopinnasta. Ohutturpeisilla alueilla myös mineraalimaa voi erodoitua, jos kuivatusojat yltävät mineraalimaahan. Turvetuotannon ravinnekuormitus aiheutuu ojituksen seurauksena kiihtyvistä turpeen hajoamisesta ja valumavesien pääsystä syvempiin, maatuneempiin turvekerroksiin. (Björn, Tuukkanen, Marttila, Postila & Heikkinen 2012, 10–12.) Etenkin kesäaikana turpeen ollessa kuivaa, sadevesi imeytyy heikosti pintaturpeeseen ja tapahtuu nopeaa pintavaluntaa ojiin, joka kuljettaa mukanaan kiintoainesta (Kangasluoma, Nikula, Leskelä, Sillanpää & Kainua 2013, 16).

Pöyry Finland Oy on tehnyt Vapo Oy:n turvetuotantoalueiden vesistökuormituksesta arvioinnin. Tutkimus on tehty vuosien 2003–2011 tarkkailuaineistojen perusteella eri puolilla Suomea sijaitsevilta tuotantoalueilta (Kangasluoma ym. 2013, 1). Tarkkailuaineistojen perusteella on saatu perustason vesienkäsittelyllä varustettujen turvetuotantoalueiden keskimääräiset brutto-ominaiskuormitusarvot vuosien 2003–2011 ajalta. Brutto-ominaiskuormitukseen sisältyy myös metsäisen ojitusalueen taustahuhtouma. Perustason vesienkäsittelymenetelmiä ovat laskeutusaltaat, sarkaojat ja virtaamansäätö. (Kangasluoma ym. 2013, 49.)

Turvetuotantoalueiden bruttokuormitusarvot Itä-Suomessa:

Kiintoaine	84 kg/ha/vuosi
Kokonaisfosfori	0,55 kg/ha/vuosi
Kokonaistyyppi	15 kg/ha/vuosi

(Kangasluoma ym. 2013, 49).

3.6 Muu huuhtouma

Muulla huuhtoumalla tarkoitetaan huuhtoumaa, johon eivät enää merkittävästi vaikuta ihmisen tekemät toimenpiteet, kuten metsätalous. Tällaisia alueita ovat muun muassa hakkuu- ja ojitusalueet, joiden toimenpiteistä on kulunut niin pitkä aika, että vaikutusta valumavesien laatuun voidaan pitää merkityksettömänä. Tätä huuhtoumaa voitaisiin kutsua myös luonnonhuuhtoumaksi, mutta valuma-alueeseen, jota tässä työssä käsitellään, ei sisälly merkittäviä määriä täysin luonnontilaisia alueita. Näiltä pelto- ja turvetuotantoalueiden sekä muiden kuormituslaskennan kannalta merkittävien metsänuudistus- ja ojitusalueiden ulkopuolelle jäävien alueiden kuormitusarvona käytetään seuraavia arvoja:

Kokonaisfosfori	11 kg/km²/vuosi
Kokonaistyyppi	190 kg/km²/vuosi

(Kortelainen & Saukkonen 1998, Kortelainen ym. 2003, 20 mukaan).

Kiintoaine	310 kg/km²/vuosi
-------------------	------------------------------------

(Saukkonen & Kortelainen 1995, 30).

3.7 Ravinteiden ja kiintoaineen pidättyvyys vesistöön

Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueella on pieni, noin 3 hehtaarin suuruinen Tursaslampi, sekä noin 30 hehtaarin suuruinen Rauvanjärvi. Lappalaisen fosforimallilla voidaan laskea järveen sedimentoituvan fosforin määrä. Myös kiintoainetta voidaan olettaa pidättyvän järveen vähintään samassa suhteessa fosfo-

rin kanssa (Tossavainen 2014). Tursaslammen kiintoaineen ja typen pidättämistä on verrattu laskelmissa laskeutusaltaaseen. Rauvanjärven ollessa hyvin matala ja runsaasti vesikasvustoa sisältävä, typenpidätyskyky on arvioitu kosteikkoihin (Puustinen ym. 2007, 60) käytetyllä kaavalla. Laskelmissa Tursaslammen keskisyvyydeksi on arvioitu 3 m. Rauvanjärven keskisyvyytenä on käytetty 1 m (Veijola 2011, 71).

Fosforin sedimentoitumisen laskemiseksi Lappalaisen fosforimallilla, tarvitaan järveen tuleva keskivirtaama MQ. Keskivirtaama saadaan kertomalla järveen laskevan valuma-alueen pinta-ala pitkän aikavälin keskivalunnalla M_q , joka on saatu vuosien 1961–1990 keskivalumista. Pitkän aikavälin keskivalunta $M_{q_{1961-1990}} = 10,2 \text{ l/s/km}^2$. (Tossavainen 2014, 66).

Fosforimallin yhtälö on muotoa:

$$R = 0,9 \times (c_i \times T) / (280 + c_i \times T),$$

jossa R on fosforin nettosedimentaatiokerroin. Se kertoo, kuinka suuri osa järveen tulevasta ulkoisesta fosforikuormituksesta sedimentoituu pysyvästi järven pohjaan.

c_i on fosforin sekoituspitoisuus, joka järvessä on ennen fosforin sedimentoitumista pohjaan. Sekoitussuhdepitoisuus saadaan jakamalla järveen tuleva fosforikuorma järveen tulevalla keskivirtaamalla ($c_i = I/MQ$).

T on teoreettinen viipymä, jonka vesi viipyy järvaltaassa. Viipymä saadaan jakamalla järven tilavuus järveen tulevalla keskivirtaamalla. (Tossavainen 2014.)

Sedimentaatiokerroin vaihtelee järveen tulevan fosforikuorman mukaan. Ilman vesiensuojelutoimenpiteiden huomioimista nettosedimentaatiokerroin on isompi suuremman fosforikuormituksen takia. Nettosedimentaatiokertoimet Rauvanjärvelle ja Tursaslammelle:

Rauvanjärvi

$R_1=0,122$

$R_2=0,106$

Tursaslampi

$R_1=0,220$

$R_2=0,110$

jossa R_1 on nettosedimentaatiokerroin ilman vesiensuojelutoimenpiteiden huomioimista ja R_2 vesiensuojelutoimenpiteet huomioituna.

4 Vesiensuojelutekniset rakennelmat ja pidättymisen laskenta

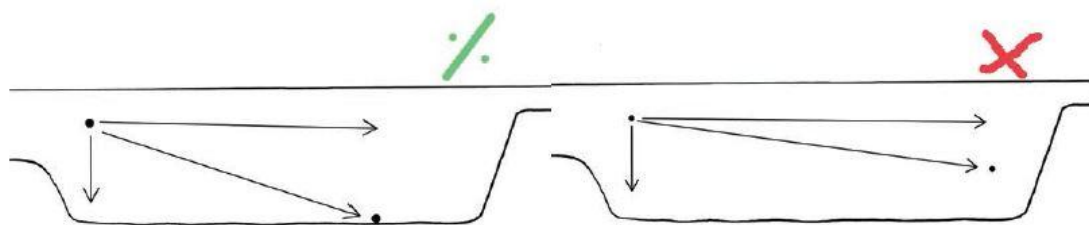
4.1 Yleistä

Vesiensuojeluteknisten rakenteiden tehokkuudesta on tehty tutkimuksia etenkin kiintoaineen pidättymisestä kosteikkoon, laskeutusaltaaseen ja pintavalutus-kenttään. Osassa tutkimuksia on mitattu myös ravinteiden poistumia. Kevyempien ratkaisujen, kuten virtaamaa hidastamaan tehtyjen pohjapatojen ja putkipatojen tehokkuudesta on olemassa kuitenkin hyvin vähän tietoa. Näiden tutkimusten avulla saatujen tietojen perusteella arvioidaan Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelle ehdotetuilla vesiensuojelutoimenpiteillä saatava ravinteiden ja kiintoaineen pidättyminen.

4.2 Laskeutusallas

Laskeutusaltaalla voidaan poistaa veden mukana kulkeutuvaa kiintoainesta, sekä kiintoaineeseen sitoutuneita ravinteita. Veteen liuenneita ravinteita ei laskeutusaltailla juurikaan voida vähentää (Häikiö, Laitinen, Lakso & Lehtinen 1998, 22). Laskeutusaltaiden toiminta perustuu veden virtaaman hidastumiseen. Kun vesi saapuu uomasta riittävän tilavaksi kaivettuun altaaseen, veden virtausnopeus hidastuu ja sen mukana kulkeutuvat kiintoainepartikkelit vajoa- vat altaan pohjalle (kuva 4, vasemmalla). Jos allas on mitoitettu liian pieneksi, virtaus on liian kova, eikä kiintoaine ehdi laskeutua altaan pohjalle (kuva 4, oi-

kealla). Mitä pidempi on veden viipymäaika altaassa, sitä hienompi maa-aines ehtii laskeutua altaan pohjalle ja sitä tehokkaammin allas toimii. (Mattila 2005, 146.)



Kuva 4. Laskeutusaltaan toimintaperiaate (Joensuu ym. 2012, 75). Vasemmalla oikein mitoitettu allas, jossa virtaus riittävän hidas kiintoaineen laskeutumiselle.

Laskeutusaltaiden tehokkuus kiintoaineen poistossa on yleensä 30–50 % luokkaa. Parhaissa tapauksissa, karkean maalajin alueilla ja oikein mitoitettulla altaalla saadaan poistettua jopa 60–70 % veden mukana kulkeutuvan kiintoaineen määrästä. (Joensuu, Hynninen, Tenhola, Saari, Kauppila, Leinonen, Rippatti, Jämsén, Nilsson & Vuollekoski 2012, 74) Ahdin, Joensuun ja Vuollekosken (1995, 152) tekemissä tutkimuksissa suurimmalla osasta altaita tehokkuus jäi alle 20 %. Altaan yläpuoleisen valuma-alueen tulisi myös olla korkeintaan 50 hehtaaria (Joensuu, Makkonen & Matila 2007, 31).

Tässä opinnäytetyössä käytetään laskeutusaltaiden kiintoaineen poistumana 40 %. Laskeutusaltaiden ravinteidenpoistotehokkuuksista (P, N) on olemassa hyvin vähän tutkimustietoa. Altailla ei saada poistettua tehokkaasti vedessä liukoisesa muodossa olevia ravinteita, mutta kiintoaineeseen sitoutuneita ravinteita poistuu suhteessa kiintoaineen pidätystehokkuuteen.

Kokonaisfosforista suurin osa kulkeutuu kiintoaineeseen sitoutuneena. Maatalousalueilla hienojakoisilla mailla jopa 75–90 % fosforista tulee kiintoaineeseen sitoutuneena (Särkelä, Muukkonen, Valkama & Lahti 2010, 2) ja myös metsäisillä valuma-alueilla suurin osa fosforikuormasta, noin 60 %, tulee kiintoaineeseen sitoutuneena (Ekholm, Kenttämies & Haapanen 2006, 96).

Kun kokonaisfosforin määrästä a 60 % on kiintoaineeseen sitoutuneena ja altaaseen jää kiintoaineesta 40 %, niin kokonaisfosforista pidättyy:

$0,6a \cdot 0,4 = 0,24a$ eli 24 %.

Rautalammillä tehdyssä tutkimuksessa Tuijanpuron lakeutusaltaassa 6 % kokonaisfosforista pidättyi. Toisen, Lapualla sijainneen Luomannevanon laskeutusaltaan fosforin ja typen pidätyskyky oli hyvin heikkoa, mikä selittyi osaksi alueen hienolla maa-aineksella. (Häikiö ym. 1998, 22.) Näiden tutkimuskohteiden ja edellä esitetyn oletuksen perusteella noin 20 % kokonaisfosforista pidättyy laskeutusaltaaseen. Typeä voidaan olettaa poistuvan samassa suhteessa fosforin kanssa, kuten Marttila ja Klöve (2009, 2010, Kettunen 2012, 20–21 mukaan) tutkimuksissaan putkipatoaltaista havaitsivat.

Taulukko 1. Laskeutusaltailla saatavat kiintoaine- ja ravinnepoistumat.

Kiintoaine (%)	40
Kok. P (%)	20
Kok. N (%)	20

4.3 Putkipato

Putkipadolla, kuten lähes kaikilla vesiensuojelussa käytettävillä rakenteilla, pyritään virtaamanhallintaan. Virtaamanhallinnalla pyritään varmistamaan veden virtaamisnopeuden pysyminen riittävän alhaisena, jotta maa-ainesta ei irtoaisi virran mukaan. Putkipadon rakenteen (kuva 5) tarkoituksena on ylivirtaamajaksojen aikana hidastaa veden virtausnopeutta varastoimalla sitä hetkellisesti padon yläpuolelle. Näin hidastuneen virtausnopeuden ansiosta eroosio vähenee padon ylä- ja alapuolella ja samalla vähennetään jo irronneen kiintoaineen uudelleen liikkeelle lähtemistä. (Joensuu ym. 2012, 56.)



Kuva 5. Putkipadon rakenne (Joensuu ym. 2012, 57).

Putkipatojen tehokkuutta ovat tutkineet Marttila ja Klöve kahdella eri kohteella. Toinen kohteista oli Luisansuon turvetuotantoalueella (2009) ja toinen Keski-Suomessa metsätalouskäytössä olevalla turvemaalla Virkonrinteellä (2010). Virkonrinteen kolmen seurantavuoden aikana ei havaittu vaikutusta pohjaveden korkeuteen ja metsä kuivatus pysyi muuttumattomana. Virtaamahuiput pienenevät ja kiintoaineen sekä ravinteiden määrät pienenevät kummallakin kohteella. (Marttila & Klöve 2009, 2010, Kettunen 2012, 20–21 mukaan) Putkipatoaltaiden ravinnepoistumat ovat kohtuullisen suuria, niissä on allastyypin vaikutuksen lisäksi todennäköisesti myös kosteikon toimintaan verrattavaa ravinteiden poistumaa.

Taulukko 2. Putkipatoaltaiden ravinnepoistumat (Marttila & Klöve 2009, 2010, Kettunen 2012, 21 mukaan).

	Kiintoaine (%)	Fosfori (%)	Typpi (%)
Luisansuo	61	47	45
Virkonrinne	86	67	65
Keskiarvo	73,5	57	55

4.4 Pohjapato

Pohjapadolla eli ylisyksypadolla tarkoitetaan yleensä melko pientä, uomaan tehtyä patoa, jonka korkeimman kohdan vesi virtaa patoaltaasta pois (Hagelberg, Karhunen, Kulmala & Larsson 2009, 16). Pohjapadon tarkoituksena on pienentää uoman pituuskaltevuutta ja näin hidastaa veden virtausnopeutta uomassa. Virtaaman hidastumisen seurauksena saadaan pidätettyä vedestä kiintoainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita. (Joensuu ym. 2012, 63.) Pohjapatoja voidaan tehdä useita peräkkäin tehostamaan virtausnopeuden hidastumista, jolloin puhutaan putousportaista. Padot voidaan tällöin rakentaa noin 100 metrin välein riippuen uoman pitkäiskaltevuudesta ja maalajin karkeudesta. (Joensuu ym. 2007, 27.)

Tutkimustietoa pohjapatojen tehokkuudesta kiintoaineen ja ravinteiden pidättämisessä ei ole saatavilla. Pohjapadoilla on kuitenkin merkittävä vaikutus syö-

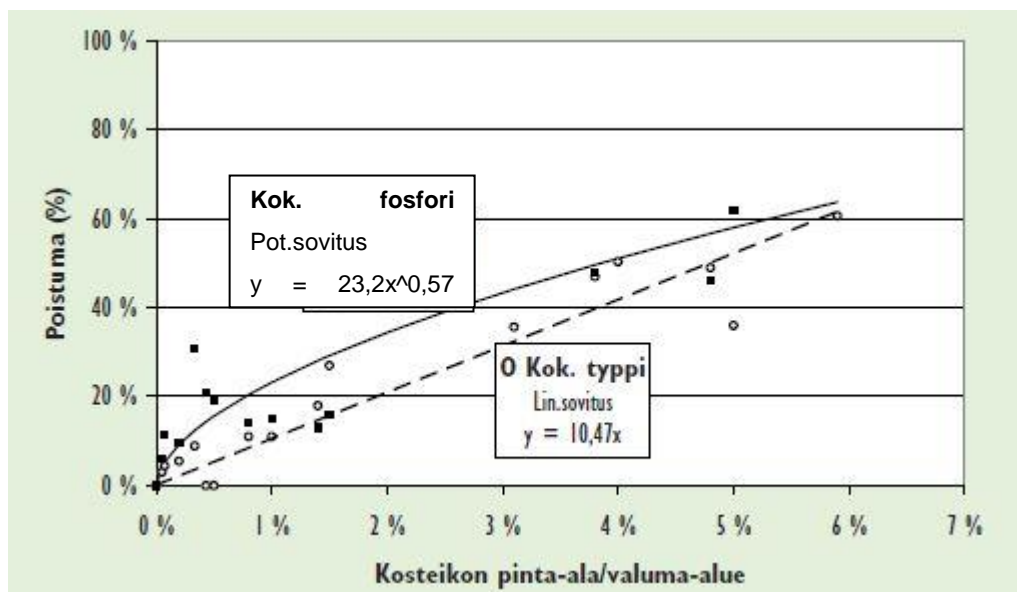
pymisherkissä uomissa virtaaman hidastamisessa ja tätä kautta kiintoaineen sekä ravinteiden pidättämisessä. Tässä opinnäytetyössä pohjapatojen vaikutusta ei voitu arvioida, joten niiden vaikutus jätettiin huomioimatta.

4.5 Kosteikko

Kosteikolla tarkoitetaan ojan, puron, joen tai muun vesistön osaa ja sen ranta-aluetta, joka on suurimman osan vuodesta veden peitossa ja joka on yleensä tarkoitettu vesistökuormituksen vähentämiseksi (Hagelberg, Karhunen, Kulmala & Larsson 2009, 4). Kosteikon vesiensuojelutarkoitus voi olla myös toissijainen, esimerkiksi riistakosteikon pääasiallinen tarkoitus on toimia ruokaa ja suojaa antavana elementtinä riistalle, muun muassa vesilinnuille.

Kosteikon rakenne muodostuu tulouomasta, syvän ja matalan veden alueesta, patorakenteesta ja poistouomasta. Matalan veden alueelle tehdään erilaisia niemekkeitä ja saaria, jotka ohjaavat virtauksia, luovat maisemallista ja monimuotoista vaihtelevuutta sekä toimivat erinomaisina lintujen pesimispaikkoina.

Pohjoismaisten ja USA:laisten eritavoin mitoitettujen kosteikkojen tehokkuuksista fosforin ja typen pidätyksestä suhteessa kosteikon pinta-alaan on tehty regressiosovitukset (Puustinen, Koskiahio, Jormola, Järvenpää, Karhunen, Mikkola-Roos, Pitkänen, Riihimäki, Svenberg & Vikberg 2007, 60).



Kuva 6. Pohjoismaisissa ja USA:laisissa kosteikoissa mitattuja kokonaisfosforin ja -typen poistumia suhteessa kosteikon pinta-alaan (Puustinen ym. 2007, 60). Kuvassa korjattu yhtälö fosforin poistumalle (Tossavainen 2014).

TASO-hankkeen Kosteikot metsätaloudessa -selvityksessä seurattiin kahta metsätalousvaltaisen valuma-alueen kosteikon ainepoistumia (taulukko 3). Torsanjoen 5 hehtaarin kosteikko Ruokolahdella ja Pakopirtin 0,8 hehtaarin kosteikko Seinäjoella. Molempien kosteikkojen valuma-alueesta pääosa koostuu metsätalousmaasta, pinta-alojen ollessa Torsanjoella 1 600 hehtaaria ja Pakopirtillä 795 hehtaaria. (Joensuu, Kauppila, Tenhola, Lindén & Vuollekoski 2013, 12.)

Taulukko 3. Kosteikot metsätaloudessa -selvityksen kosteikkojen mitatut ainepoistumat (%) (Joensuu ym. 2013, 12).

Kosteikko	Koko (ha)	% valuma-alueesta	Toteutus	Kiintoaine
Torsanjoki	5	0,31 %	Patoamalla	75,7
Pakopirtti	0,8	0,10 %	Kaivamalla	16

Ka. 45,85

Laskelmissa käytettiin kiintoaineen poistuman keskiarvona TASO-hankkeen kosteikkojen keskiarvoista poistumaa 45,8 %. Kokonaisfosforin ja kokonaistypen poistumat laskettiin edellä esitettyjen regressioyhtälöiden avulla.

4.6 Pintavalutuskenttä

Pintavalutuskenttä on käsittelemätön, runsaasti kasvillisuutta sisältävä alue, jolle valumavesi johdetaan. Nimensä mukaisesti pintavalutuskentässä vesi virtaa maan pintaosissa kasvuston joukossa, missä tapahtuu niin fysikaalisia, kemiallisia kuin biologisiakin prosesseja. (Mattila 2005, 147.) Pintavalutuskentäksi soveltuu tasainen alue, jossa veden liike saadaan hidastumaan ja vedet saadaan jako-ojan avulla levitettyä laajalle alueelle. Pintavalutuskenttä on kosteikon ohella tehokkain keino kiintoaineen poistamiseen valumavedestä. Myös liuenneiden ravinteiden määrää voidaan vähentää pintavalutuskentän avulla, riippuen maanpinnan kasvillisuudesta. (Joensuu, Makkonen & Matila 2007, 28.)

Hyvin toimivan ja riittävän suureksi mitoitettun pintavalutuskentän avulla kiintoaineesta saadaan pidätettyä yli 70 % (Joensuu ym. 2007, 28, Nieminen, Ahti, Nousiainen, Joensuu, & Vuollekoski 2005, 331.) Nieminen ym. (2005, 333.) tutkivat pintavalutuskenttien tehokkuutta seitsemällä eri kohteella, joissa pintavalutuskenttien koko suhteessa valuma-alueeseen vaihteli 0,05–4,88 % välillä. Kaikilla muilla kohteilla pintavalutuskentän maaperä oli yli metrin paksuista turvetta, paitsi yhdellä, jossa turpeen paksuus oli alle 0,1 m. Niillä pintavalutuskentillä, joiden koko oli 0,15–0,23 % yläpuolisesta valuma-alueesta, kiintoaineesta pidättyi 50–60 %. (Nieminen ym. 2005, 333–337.)

Nurmeksen Kuohattijärven pintavalutuskenttien seurannoissa vuosina 1998–2001 saaduissa tuloksissa oli kiintoaineen pidätyksen osalta osittain melkoista vaihtelua. Pintavalutuskentille tulevan veden kiintoainepitoisuus oli jo valmiiksi melko alhainen. Keskimäärin kentät pidättivät 15 % kiintoaineesta. (Lyytikäinen, Vuori & Kotanen 2003, 19.) Kokonaisfosforin ja -typen pidättymistä ei keskimäärin koekentillä tapahtunut, vaihtelu tosin oli suurta eri kenttien välillä. Myöskään kiintoaineen ja kokonaisfosforin pidättymisen välillä ei havaittu yhteyttä (Lyytikäinen ym. 2003, 47), toisin kuin osassa selvityksissä (Särkelä ym. 2010, 2, Ekholm ym. 2006, 96) on havaittu. Eroja syntyy eri maalajien eroosioherkkyyden mukaan. Jos suuri osa fosforista on sitoutuneena karkeampaan kiintoaineeseen joka laskeutuu nopeammin pintavalunnassa, kokonaisfosforin pidättäminen on tehokkaampaa.

Tossavaisen (2013) mukaan turvetuotantoalueiden pintavalutuskenttiin on saatu pidättymään noin 40 % sekä kokonaistypen, että kokonaisfosforin määrästä. Laskennassa käytettiin keskiarvona 20 % fosforin ja typen pidättymismääräksi.

Taulukko 4. Pintavalutuskentän pidätystehokkuus (%).

Kiintoaine	Kok. P	Kok. N
55	20	20

4.7 Rakenteiden kustannuksia

Vesiensuojeluteknisten rakenteiden kustannuksia on vaikea arvioida tarkasti etukäteen ennen toteutumista. Kustannukset muodostuvat aina tapauskohtaisesti, riippuen kohteiden saavutettavuudesta sekä maaperän laadusta. Tavallisen telakaivinkoneen tämänhetkinen tuntihinta on noin 60 euroa (Kaartinen 2014).

Maan muodoilla on merkitystä kosteikkoja rakennettaessa. Sopivasti kaltevalla maalla patoamalla tehdyn kosteikon muoto määräytyy korkeuskäyrien mukaan (Puustinen ym. 2007, 35). Tällöin kaivutyötä tarvitaan vähemmän ja kustannukset jäävät pienemmiksi. Kaivinkoneen kuljettajan kokemuksella on myös suuri merkitys kosteikkoja rakennettaessa. Kosteikkojen kustannukset vaihtelevat paljon, paikasta riippuen 500–15 000 €/ha (Raassina 2014), keskimääräisen hehtaarihinnan ollessa tällöin 7 750 €/ha.

Putkipatojen rakentamiskustannukset säilyvät pienempinä jos ne pystytään toteuttamaan kunnostusojituksen yhteydessä. Tarvittavien putkien lisäksi patorakenne voidaan yleensä tehdä rakentamispaikalta saatavasta maa-aineksesta. Kustannukset nousevat jos maa-ainesta joudutaan tuomaan muualta tai käyttämään muuta materiaalia. (Jämsén & Marttila 2011, 13).

Taulukko 5. Putkipadon rakentamiskustannuksia Keski-Suomessa tehtyjen rakenteiden mukaan (Jämsén & Marttila 2011,14).

Toimenpide tai materiaali		Kustannukset (€)
Suunnittelu		50–100
Säätöputki (runkoputki ja kulmayhde)		100
Padon rakentaminen		50–100

Pohjapatojen rakentamisen kustannuksiin vaikuttavat käytettävä patomateriaali ja rakentamiskohteen saavutettavuus. Kokoluokalla on merkitystä siihen joudutaanko padon luiskausta tekemään mies- vai konetyönä. Patomateriaali on hyvä kuljettaa paikanpäälle yleensä maan ollessa jäässä. Pohjapatojen kustannuksiksi muodostuu yleensä 500–1 000 euroa patoa kohden (Raassina 2014.)

Laskeutusaltaiden tyhjennykset ja kaivut on tarkoitus tehdä seuraavan kunnostusojituksen yhteydessä. Tällöin kokonaiskustannukset altain kunnostamiselle jäävät pieniksi. Jos kaivinkone joudutaan siirtämään paikanpäälle pelkän laskeutusaltaan tekemiseen, hintaa kertyy noin parisataa euroa, koneen kuljetusmatkasta riippuen (Kaartinen, 2014).

Pintavalutuskenttien kustannukset ovat yleensä paljon pienemmät, kuin kosteikoilla (Raassina 2014). Pintavalutuskentän kustannukset koostuvat suunnittelusta, tarvittaessa puuston raivauksesta ja tarvittavan jako-ojan kaivamisesta vesien ohjaamiseksi pintavalutuskentälle. Kustannuksia voidaan arvioida muodostuvan noin 1 000 €/pintavalutuskenttä.

Kosteikkojen perustamiseen on mahdollista hakea maatalouden ei-tuotannollista investointitukea. Vuonna 2014 tuki ei ole haettavissa viljelijöille, mutta rekisteröidyt yhdistykset voivat sitä hakea. Tuen saamisen edellytyksenä on muun muassa yli 20 % pelto-osuus valuma-alueesta. (Raassina 2013). Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelle suunniteltujen kosteikkojen osalta tämä ehto ei kuitenkaan täyty, joten maatalouden ei-tuotannollinen investointituki ei ole haettavissa niiden toteutukseen.

4.8 Kuormituksen pidättymisen laskenta

Vesiensuojeluteknisten rakenteiden tehokkuuden laskemiseksi määritettiin karttatarkasteluna ja rinnevalovarjostusta apuna käyttäen jokaisen rakenteen yläpuolisen valuma-alueen suuruus ja laskemalla tältä alueelta tuleva kuormitus. Tästä kuormitusmäärästä vähennettiin kunkin rakennelman tehokkuuden mukainen määrä. Rakenteen läpi pääsevä kuormitus lisättiin aina seuraavan alueen kuormitukseen, josta vähennettiin taas alapuoliseen vesiensuojeluteknisen rakenteeseen pidättyvä määrä. Näin edettiin valuma-alueen latvaosista lähtien pienvaluma-alue kerrallaan.

Ennen Puruveteen päätymistä vedet laskevat valuma-alueelta Rauvanjärveen kaikilta muilta pienvaluma-alueilta, lukuun ottamatta pienvaluma-alue 6:a. Muilta pienvaluma-alueilta tulevasta yhteiskuormituksesta vähennettiin Rauvanjärveen pidättyvä määrä. Tämän jälkeen saatuun tulokseen lisättiin pienvaluma-alue 6:den kuormitus, jolloin saatiin Puruveteen päätyvä kokonaiskuormitus.

5 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli selvittää Suomen metsäkeskuksen ehdottamien vesiensuojelutoimenpiteiden vaikuttavuutta. Kohteena olevan, Puruveteen laskevan kolmannen jakovaiheen valuma-alueen ravinne- ja kiintoainekuormitus laskettiin jo olemassa olevien, monilla tutkimuksilla saatujen keskimääräisten ominaiskuormituslukujen avulla. Tarkastelussa olevalta valuma-alueelta laskettiin ravinne- ja kiintoainehuuhtoumien määrät eri maankäyttömuodoittain. Aiemmista tutkimuksista saatujen tietojen perusteella arvioitiin, kuinka suuri osa ravinne- ja kiintoainekuormituksesta alueelle suunnitelluilla vesiensuojelutoimilla saataisiin pidätettyä ennen valumavesien päätymistä Puruveteen.

Opinnäytetyössä etsittiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Mikä on Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta syntyvä kuormitus kokonaisuudessaan sekä maankäyttömuodoittain?
2. Kuinka paljon ehdotetuilla vesiensuojelutoimenpiteillä saadaan pidätettyä valuma-alueen ravinne- ja kiintoainekuormituksesta?

Pääasiallinen tarkoitus opinnäytetyössä on laskea valuma-alueen kuormitus ja arvioida ehdotettujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden tehokkuutta. Metsäkeskus laskee ravinne- ja kiintokuormituksen suuripiirteisesti koko muulle Puruveden valuma-alueelle. Opinnäytetyössä tehtiin tarkempi laskelma Hepojoki-Rauvanjärvi -valuma-alueen ravinne- ja kiintoainekuormituksesta. Metsäkeskuksen toimesta tehtävässä kuormituksen laskennassa ei oteta huomioon esimerkiksi pelloilla viljeltyjä kasvilajikkeita ja niiden aiheuttamia ominaiskuormituksia, vaan laskelmat toteutetaan maatalouskäytössä olevien maiden keskimääräisillä ominaiskuormitusluvuilla. Tässä opinnäytetyössä käsitellään kokonaistypen ja kokonaisfosforin, sekä kiintoaineen huuhtoumia. Muita vedenlaatuun vaikuttavia tekijöitä, kuten pH-arvoa tai humuksen määrää ei tarkastella.

6 Ehdotetut vesiensuojelutoimenpiteet

6.1 Kosteikot ja pintavalutuskentät

Metsäkeskus on ehdottanut Hepojoki-Rauvanjärvi -valuma-alueelle yhteensä viittä, kooltaan 2–6 hehtaarin kosteikkoa ja yhtä pintavalutuskenttää (kuva 9). Kolme niistä sijoittuisi entiselle turvetuotantoalueelle.

Kosteikko 21 olisi pinta-alaltaan noin 4 hehtaaria ja kosteikko 20 noin 6 hehtaaria. Molemmat rakennettaisiin patoamalla ja kaivamalla syvän veden alueita. Kosteikon 21 yläpuolinen valuma-alue on noin 137 hehtaaria, joten kosteikon

koon suhde valuma-alueen pinta-alaan on $4/165 = 2,4 \%$. Kosteikon 20 suhde valuma-alueen kokoon olisi $6/239 = 2,5 \%$. Näin ollen molemmat kosteikot ovat suunnitellusti toteutuessaan riittävän kokoisia tehokkaan pidätyskyvyn aikaansaamiseksi (Joensuu ym. 2007, 33).

Kosteikko 19 rakennettaisiin pääosin patoamalla ja sen pinta-alaksi tulisi noin 6 hehtaaria. Yläpuoliseksi valuma-alueeksi jää noin 300 hehtaaria. Kosteikon 19 suhde valuma-alueeseen olisi tällöin $6/300 = 2 \%$, mikä on riittävä toimivan kosteikon aikaansaamiseksi.



Kuva 7. Näkymä entisen turvetuotantoalueen kaakkoispäästä. Alueelle on suunniteltu kolmen kosteikon rakentamista. (Kuva: Jari Loikkanen)

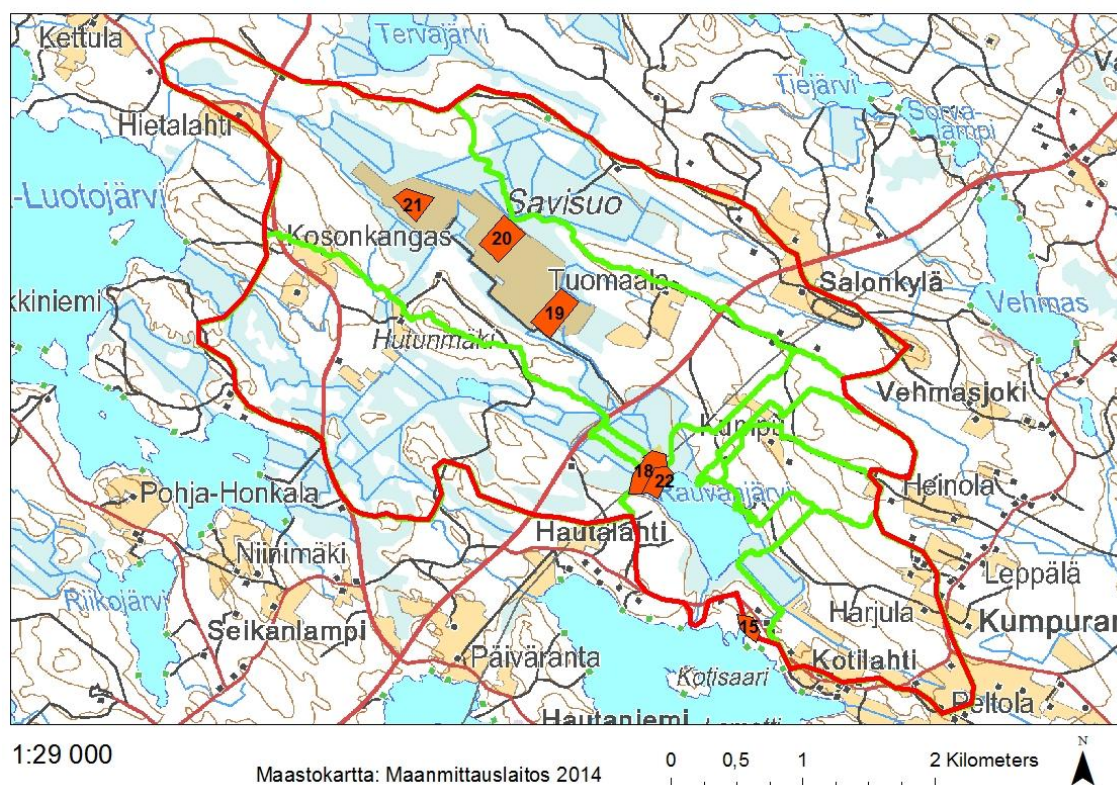
Rauvanjärven rannalle tulisi 4,5 hehtaarin kosteikon (nro.18) ja noin 3 hehtaarin pintavalutuskentän (nro. 22) yhdistelmä (kuva 9). Kosteikon ylälaitaan kaivetaan syvän veden alueita, joista vedet ohjautuvat pintavalutuskentälle. Vedet laskevat näille kolmelta pienvaluma-alueelta 1, 2 ja 3, yhteensä 1 127 hehtaaria (kuva 9), joten kosteikon 18 koko suhteessa valuma-alueeseen olisi $0,4 \%$. Yhteensä kosteikon ja pintavalutuskentän muodostama kokonaisuus olisi noin

0,66 % yläpuolisesta valuma-alueesta. Nykyiselläänkin vedet virtaavat tulva-aikaan uoman ulkopuolella (kuva 8).



Kuva 8. Laskuoja Rauvanjärveen. (Kuva: Jari Loikkanen)

Kosteikon 15 kautta laskisivat koko valuma-alueen vedet Puruveteen. Kosteikon koko suhteessa valuma-alueeseen olisi vain $\frac{2}{1\ 500} = 0,13 \%$, joten sen tehokkuus jäisi heikoksi. Kiintoainesta voidaan olettaa pidättävän saman verran kuin fosforin pidättymiseksi on saatu Puustisen ym. (2007) esittämällä yhtälöllä. Tällöin pidättyminen olisi 7,4 %.

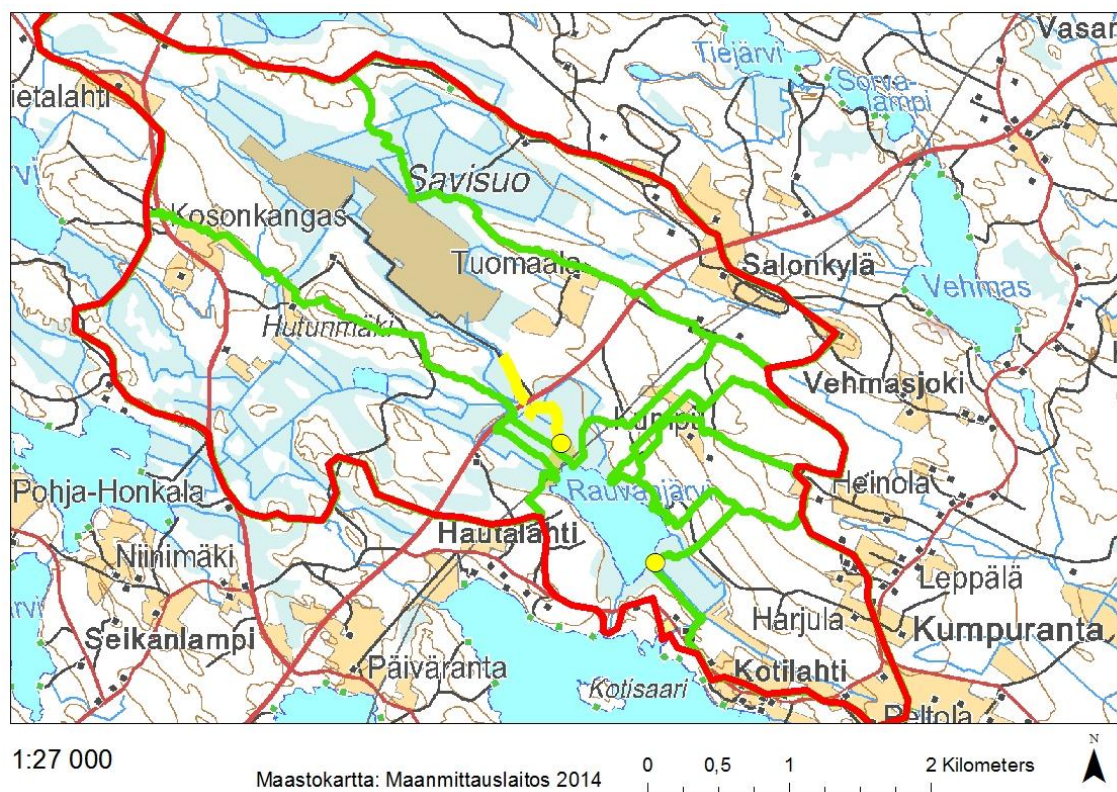


Kuva 9. Ehdotettujen kosteikoiden ja pintavalutuskentän sijainti (punaisella).

6.2 Pohjapadot

Kohteena olevalle valuma-alueelle on Metsäkeskuksen suunnitelmissa ehdotettu pohjapatoja rakennettavaksi yhteen uomaan. Patoja rakennettaisiin noin 900 metrin matkalle 8 kappaletta, jolloin ne olisivat noin 100 metrin välein (keltaisella merkitty uoma, kuva 10). Kyseinen uoma on päälasku-uoma kahdelta osavalmu-alueelta ja se on eroosioherkkyysanalyysissä havaittu riskikohteeksi. (Metsäkeskus 2013)

Rauvanjärven pohjois-päässä pohjapadolla (keltainen piste, kuva 10) ohjataan vedet jako-ojan kautta kosteikolle ja pintavalutuskentälle. Rauvanjärven etelä-päässä pohjapadolla voidaan säätää Rauvanjärven pintaa luonnolliselle tasolle, jolloin vedet voivat purkautua Puruveteen myös vanhaa luontaista uomaa pitkin. (Metsäkeskus 2013)



Kuva 10. Pohjapatojen suunniteltu sijoitus (keltaisella).



Kuva 11. Lasku-uoma, johon pohjapadot on tarkoitus sijoittaa. Talvi 2013. (Kuva: Jari Loikkanen)

Rauvanjärveen laskevasta uomasta on havaittavissa voimakasta eroosiota. Etenkin valumahuippujen aikaan keväällä ja syksyllä kiintoaineen kulkeutuminen on uomassa runsasta (kuva 12).

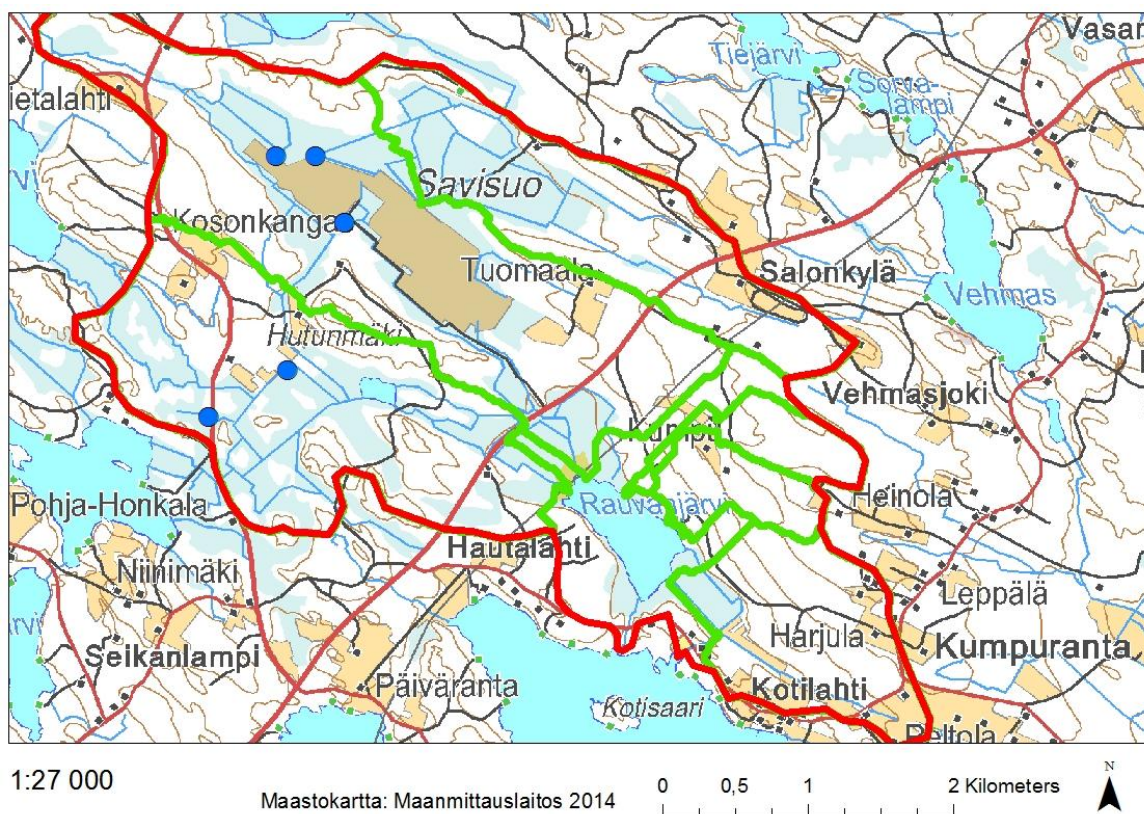


Kuva 12. Lasku-uoma, johon pohjapadot on tarkoitus sijoittaa. Kesä 2013. (Kuva: Seppo Ollikainen)

6.3 Laskeutusaltaat

Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueella on 5 vanhaa laskeutusallasta (kuva 13). Vanhat altaat on tarkoitus tyhjentää ja mitoittaa uudelleen. Uusia laskeutusaltaita ei ole alueelle ehdotettu.

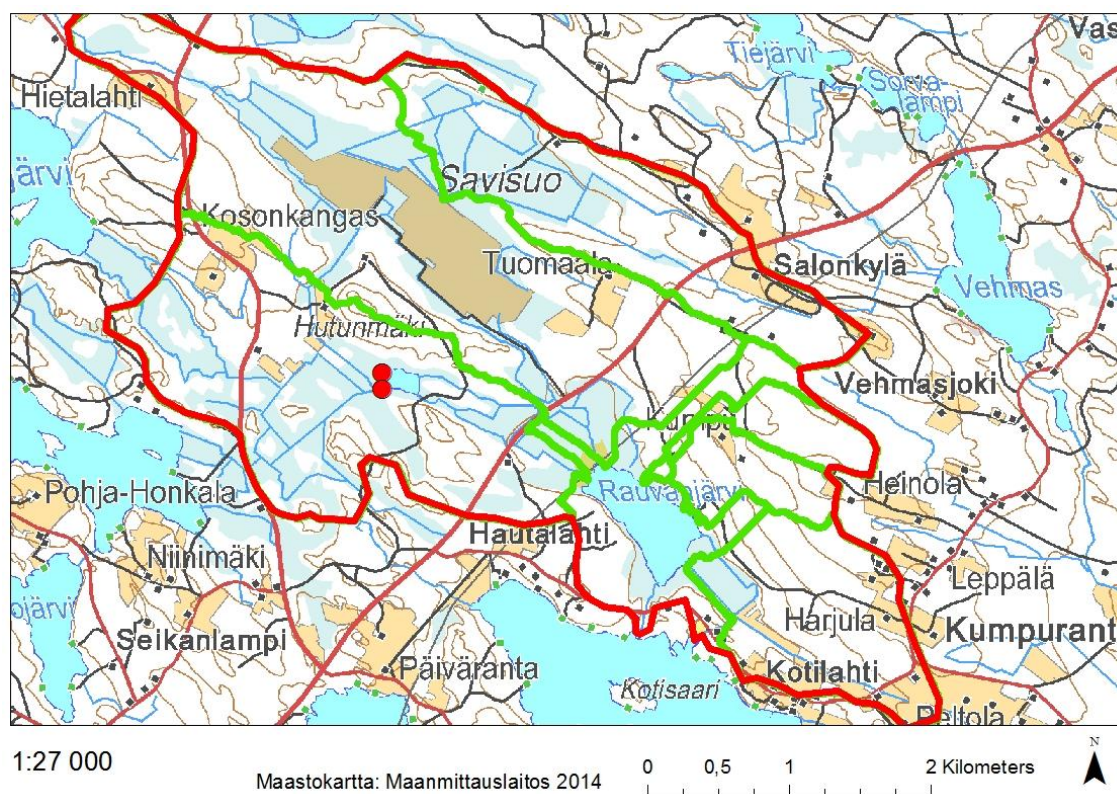
Turvetuotantoalueen kaakkoispäässä on kaksi virtaamansäätöpadolla varustettua laskeutusallasta, jotka kuuluvat osana turvetuotantoalueen vesiensuojeluratkaisuihin. Niiden käyttöä voidaan myös tehostaa uudella mitoituksella ja tyhjennyksellä.



Kuva 13. Laskeutusalttien sijainti (siniset pisteet).

6.4 Putkipadot

Kaksi putkipatoa on suunniteltu rakennettavaksi Tursaslampeen laskeviin uomiin (kuva 14). Koska suunnitellut putkipatoaltaat ovat hyvin lähellä toisiaan, niillä on sama yläpuolinen valuma-alue.



Kuva 14. Putkipatojen suunniteltu sijainti (punaiset pisteet).

7 Tulokset

7.1 Maankäyttömuodot valuma-alueella

Suurin osa Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueesta on metsätalouskäytössä. Uudistushakkuita valuma-alueella oli tehty viimeisen kymmenen vuoden aikana noin 124 hehtaaria ja kunnostusojituksia hieman alle 300 hehtaaria.

Peltopinta-alaa Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueella on yhteensä hieman yli 86 hehtaaria. Näistä 52 hehtaaria oli vuonna 2013 viljan viljelyssä. Loppuosa peltoalasta oli kesannolla tai säilörehunurmella sekä pieni osa myös perunan viljelyssä.

Valuma-alueella sijaitsevan Vapo Oy:n entisen turvetuotantoalueen jälkihoidon suunnitelma on valmistunut keväällä 2014. Suurin osa turvetuotannossa olleista alueista (56 ha) ovat vuokrattuina yksityisiltä maanomistajilta. Vuokra-alueet on tarkoitus luovuttaa takaisin maanomistajille sulan maan aikana vuonna 2014. (Kivisaari 2014)

Vakituksia asukkaita valuma-alueella on 36 ja vapaa-ajan asuntoja alueella on vain 5 kappaletta. Kotieläimiä on pienvaluma-alue 3:lla, lukumäärät ovat esitettyinä taulukossa 7.

Taulukko 6. Maankäyttömuodot pienvaluma-alueittain.

Pienvaluma-alue (ha)	Pellot (ha)	Uudistus-hakkuut (ha)	Ojitukset (ha)	Turvetuotanto (ha)	Asutus (asukkaita, hlö)	Loma-asutus (rakennuksia, kpl)
1 (378)	10,1	54,8	140,4	0,0	6	0
2 (510)	14,0	42,0	125,6	65,0	2	0
3 (239)	12,0	12,0	12,0	0,0	15	2
4 (46)	0,6	5,8	1,3	0,0	0	0
5 (54)	3,0	1,9	1,3	0,0	3	0
6 (160)	44,5	3,5	0,0	0,0	10	2
7 (102)	2,3	3,9	14,2	0,0	0	1
Yhteensä	86,4	123,9	294,9	65,0	36	5

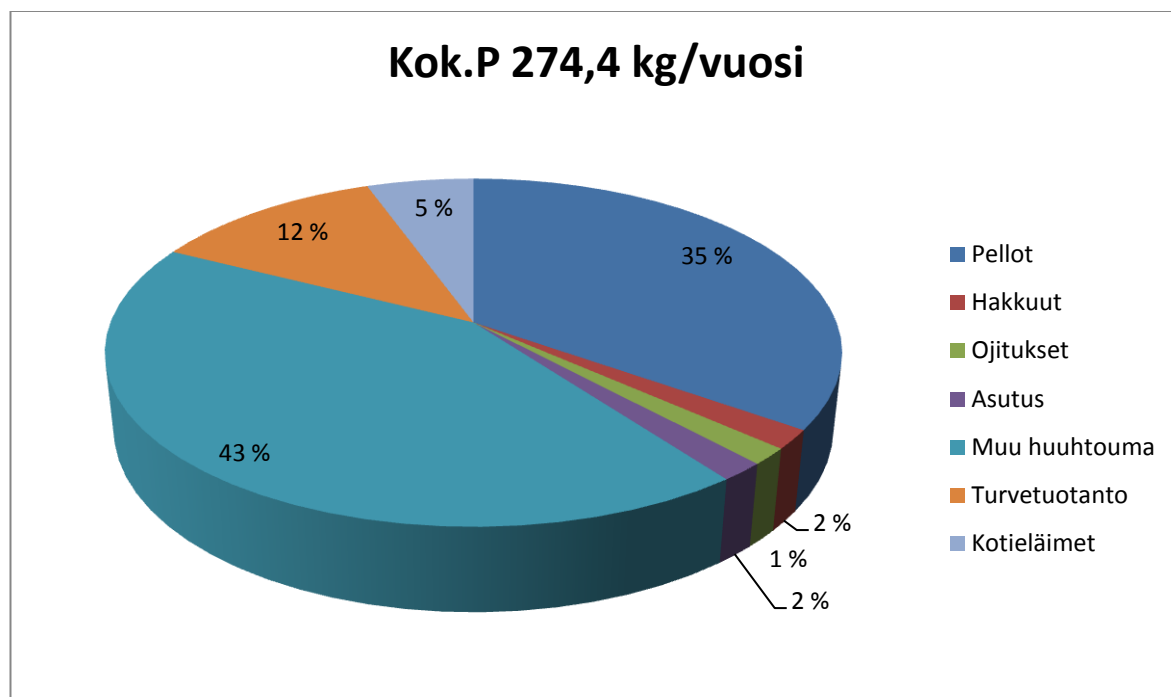
Taulukko 7. Kotieläinten määrät pienvaluma-alue 3:lla.

	kpl
Sonnit	73
Lehmävasikat/hiehot	14
Hevoset	4
Kanat	150

7.2 Kokonaisfosforikuormitus

Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta syntyvä kokonaisfosforikuormitus Puruveteen ilman vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusta on 274,4 kg vuonna 2013.

Tässä tuloksessa on huomioitu pidättäminen Rauvanjärveen ja Tursaslampeen. Pienviluma-alueilta syntyvä fosforikuormitus on esitetty maankäyttömuodoittain taulukossa 8. Luvuissa ei ole huomioitu pidättymistä lampiin.



Kuvio 1. Kuormituslähteiden osuudet kokonaisfosforikuormituksesta.

Taulukko 8. Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta lähtevä kokonaisfosforikuormitus maankäyttömuodoittain.

	Kok.P kg/vuosi
Pellot	109,1
Hakkuut	5,6
Ojitukset	4,8
Asutus	5,4
Muu huuhtouma	134,1
Turvetuotanto	37,8
Kotieläimet	17,4

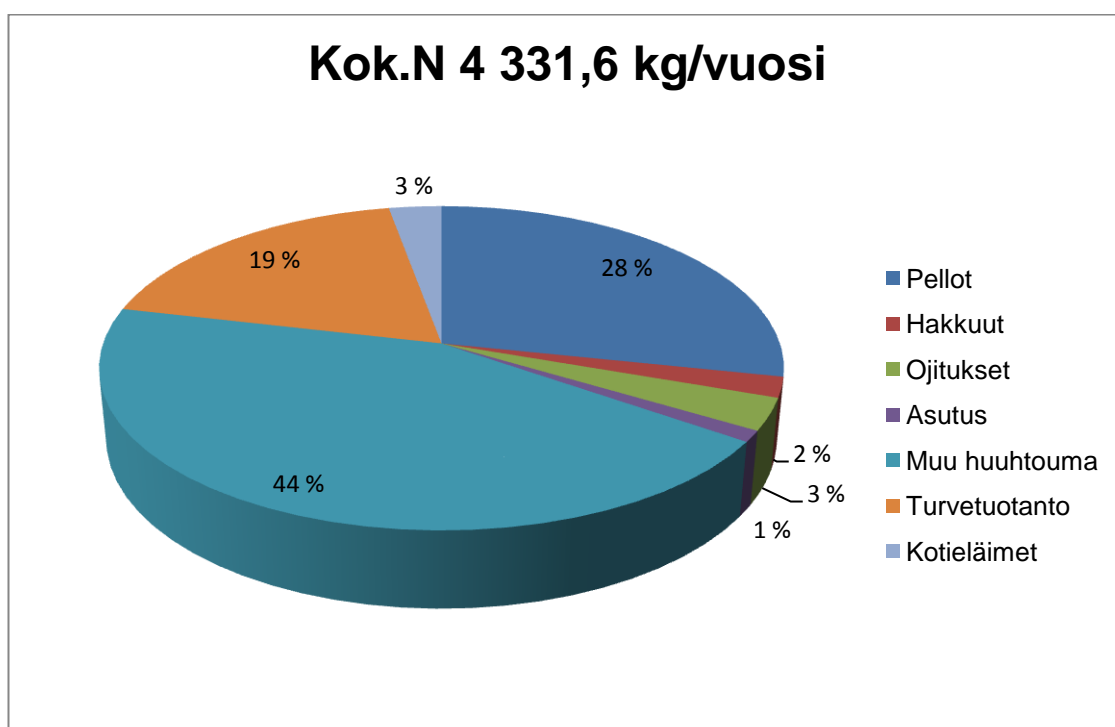
Taulukossa 9 on esitetty Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta lähtevä kokonaisfosforikuormitus vuonna 2013 pienviluma-alueittain. Taulukossa alueelta syntyvä kuormitus, lampiin pidättymistä ei ole huomioitu.

Taulukko 9. Kokonaisfosforikuormitus pienvaluma-alueittain.

Pienvaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Kok.P (kg/vuosi)
1	378	45,0
2	510	111,6
3	239	58,0
4	46	5,5
5	54	9,8
6	160	62,2
7	109	12,1

7.3 Kokonaistypikuormitus

Kokonaistypikuormaksi valuma-alueelta Puruveteen saatiin 4 331,6 kg vuodelle 2013. Tuloksessa on huomioitu pidättyminen Rauvanjärveen ja Tursaslampeen. Pienvaluma-alueilta syntyvä typikuormitus on esitetty maankäyttömuo- doittain taulukossa 10. Luvuissa ei ole huomioitu pidättymistä lampiin. Turvetuo- tannon osuus typikuormituksesta on huomattava.



Kuvio 2. Kuormituslähteiden osuudet kokonaistypikuormituksesta.

Taulukko 10. Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta lähtevä kokonaistyyppi-kuormitus maankäyttömuodoittain.

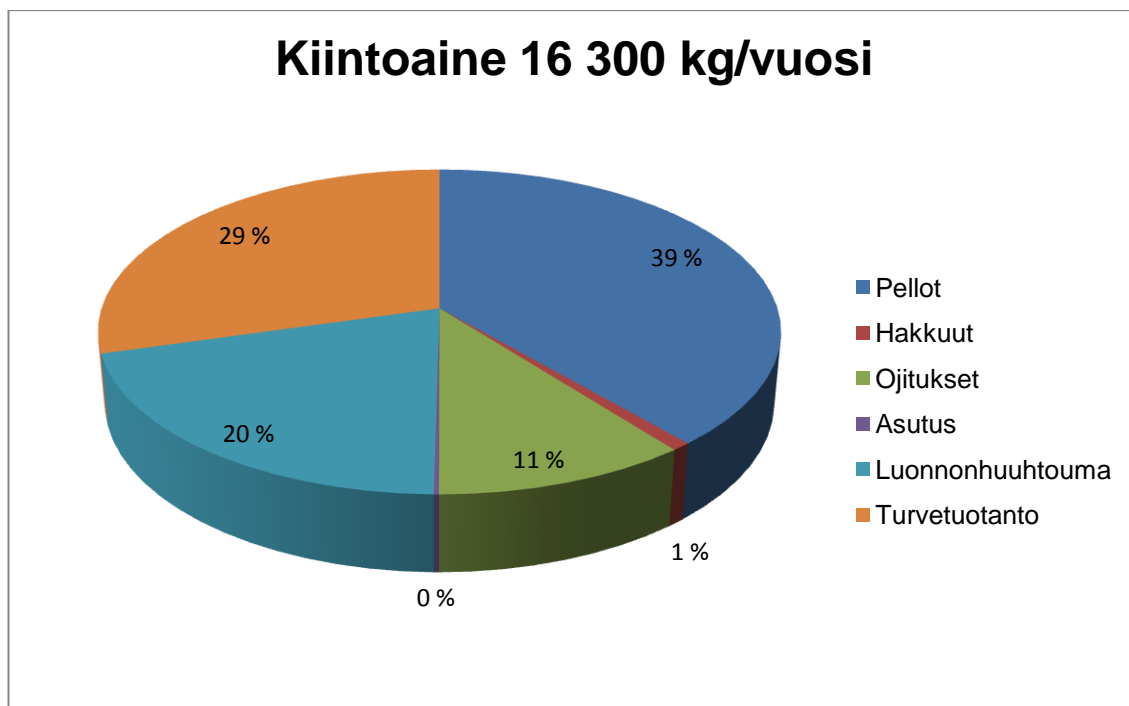
	Kok.N kg/vuosi
Pellot	1 488,0
Hakkuut	106,7
Ojitukset	168,7
Asutus	58,5
Muu huuhtouma	2 315,8
Turvetuotanto	975,0
Kotieläimet	151,1

Taulukko 11. Kokonaistyyppikuormitus pienvaluma-alueittain.

Pienvaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Kok.N (kg/vuosi)
1	378	905,9
2	510	2 228,1
3	239	788,0
4	46	91,8
5	54	151,5
6	160	896,5
7	109	203,2

7.4 Kiintoainekuormitus

Valuma-alueelta Puruveteen päätyväksi kiintoainekuormitukseksi saatiin 16 300 kg vuodelle 2013. Tuloksessa huomioitu pidättyvyys Rauvanjärveen ja Tursaslampeen. Taulukossa 12 on esitetty kiintoainekuormitus maankäyttömuodoittain. Luvuissa ei ole huomioitu pidättymistä lampiin. Suurimmat kiintoainekuormitukset syntyvät turvetuotantoalueelta ja pelloilta, joissa maanpintaa sitova kasvillisuus puuttuu kokonaan tai osan vuotta.



Kuvio 3. Kuormituslähteiden osuudet kiintoainekuormituksesta.

Taulukko 12. Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueen kiintoainekuormitus maankäyttömuodoittain.

	Kiintoaine kg/vuosi
Pellot	7 173,7
Hakkuut	148,1
Ojitukset	1 961,5
Asutus	38,6
Muu huuhtouma	3 778,3
Turvetuotanto	5 460,0

Taulukko 13. Kiintoainekuormitus pienvaluma-alueittain.

Pienvaluma-alue	Pinta-ala (ha)	Kiintoaine (kg/vuosi)
1	378	2 203,3
2	510	9 520,3
3	239	1 751,9
4	46	182,9
5	54	406,3
6	160	3 517,1
7	109	476,2

7.5 Vesiensuojeluteknisten ratkaisujen tehokkuus

Ennen Puruveteen päätymistä valuma-alueelta lähtevää kuormitusta saataisiin pienennettyä vesiensuojeluteknisillä rakenteilla kokonaisfosforin kuormaa lähes 48 %, kokonaistypen kuormaa yli 41 %. Kiintoaineen määrää saataisiin vähennettyä peräti 66 %.

Taulukossa 14 on esitettyä Rauvanjärvi-Hepojoki -valuma-alueelta Puruveteen päätyvät kuormitusmäärät ilman vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutusta sekä kuormitus niiden vaikutus huomioituna. Taulukossa myös kuormituksen vähenemä kilogrammoina ja prosentteina.

Taulukko 14. Vesiensuojelutoimenpiteillä (VS) saatava ravinne- ja kiintoainevähenemä.

	Kok.P(kg/vuosi)	Kok.N (kg/vuosi)	Kiintoaine (kg/vuosi)
Kuormitus ilman VS toimenpiteitä	274,7	4 331,6	16 284,0
Kuormitus VS toimenpiteet huomioiden	143,4	2 534,3	5 496,7
Erotus (kg)	131,3	1 797,3	10 787,3
Erotus (%)	47,8	41,5	66,2

7.6 Kustannukset

Seuraavassa on esitetty suuntaa antava kustannusarvio valuma-alueelle ehdotetuista vesiensuojelurakennelmista. Yhteensä kustannuksia Metsäkeskuksen alueelle ehdottamista toimenpiteistä kertyy karkeasti 180 000 € (taulukko 15). Kosteikon kappalehintaa on laskettu keskimääräisen hehtaarihinnan (7 750 €) ja alueelle ehdotettujen kosteikkojen keskikoon (4,5 ha) perusteella.

Taulukko 15. Vesiensuojeluteknisten rakenteiden kustannuksia.

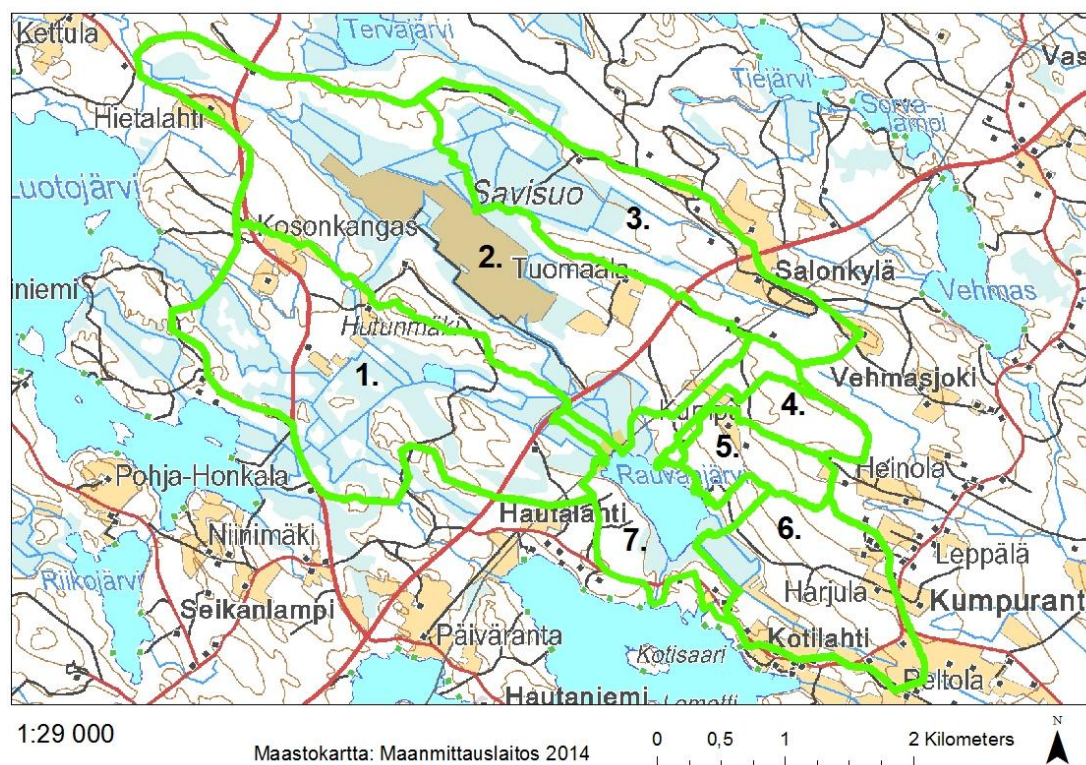
Rakenne	Kustannus €/kpl	Määrä/kpl	Kustannukset yhteensä €
Kosteikko	34 875	5	174 375
Laskeutusallas	200	5	1 000
Putkipato	300	2	600
Pohjapato	750	8	6 000
Pintavalutuskenttä	1 000	1	1 000
		yhteensä:	182 975

8 Yhteenveto

Rauvanjärvi-Hepojoki -osavaluma-alueen suurimmat kuormitukset tulevat pienvaluma-alue 2:n kautta, koska myös pienvaluma-alue 3:n vedet laskevat sen kautta, jolloin valumapinta-alaa on paljon (kuva 15). Pienvaluma-alueella 2 olevan turvesuon takia alueen kiintoainekuormitus on suurta. Vaikka turvetta on nostettu alueelta viimeksi vuonna 2010, kestää useita vuosia, ennen kuin avonaisen turpeen pintaan syntyy pintaa sitova kasvillisuus ja kiintoaineen huuhtoutuminen vähenee.

Pienvaluma-alue 1:llä on eniten ojitusalueita, jotka aiheuttavat kiintoainekuormitusta. Myös korkeintaan 10 vuotta vanhoja uudistushakkuualoja on tällä pienvaluma-alueella eniten. Ojitusalueiden määrä näkyy suhteellisen suurena kiintoainekuormituksena.

Pienvaluma-alueelta 6 syntyy sen kokoon nähden (160 ha) suurin fosforikuormitus. Suurin fosforin osuus johtuu peltopinta-alan määrästä, jota on lähes 30 % alueen pinta-alasta. Pellot aiheuttavat suurimman kiintoainekuormituksen myös koko valuma-alueelta. Pelloilta lähtevä kiintoainekuormitus on lähes 40 % koko alueen kiintoainekuormituksesta, vaikka peltopinta-alaa on vain 6 % koko valuma-alueen pinta-alasta.



Kuva 15. Pienvaluma-alueet.

Kokonaisfosforin ja -typen kuormitukset johtuvat suurelta osin muusta huuhtoumasta. Tämä muu huuhtouma on peräisin noin 900 hehtaarin alueelta, mikä on reilusti yli puolet tarkastelussa olleesta valuma-alueesta. Pienvaluma-alueet 4, 5 ja 7 ovat pinta-alaltaan pieniä ja suurimmat kuormitukset syntyvät muusta huuhtoumasta.

Metsätalouden toimenpiteistä päätehakkuut ovat kokonaiskuormituksen kannalta tarkasteltuna melko pieni lähde. Kokonaisfosfori- ja typpikuormituksesta hakkuut muodostavat vain noin 2 % ja kiintoainekuormituksesta vain noin 0,8 %. Paikallisesti niillä voi kuitenkin olla suurempi merkitys pienvesiin, kuten puroihin ja lähteisiin. Kunnostusojitukset puolestaan nostavat varsinkin kiintoaineen

määrää valumavesissä, etenkin ojitusta seuraavina ensimmäisinä vuosina. Ojituksen aiheuttaman kiintoainekuormituksen suhde sen aiheuttamaan fosforikuormitukseen on kuitenkin tulosten mukaan pieni.

Suunnitelluilla vesiensuojelutoimenpiteillä saataisiin tulosten perusteella yllättävän hyvä poistuma valumavesien mukana kulkeutuvasta ravinne- ja kiintoainekuormasta. Suurin mahdollisuus vesiensuojelun tehostamisen kannalta on Savisuon käytöstä poistettu turvetuotantoalue. Alueen laajuus mahdollistaisi useamman kosteikon kokonaisuuden, joka olisi myös luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokas elinympäristö linnustolle. Tällöin kosteikot toimisivat monitavoitteisesti täyttäen vesiensuojelulle asetettuja tavoitteita ja samalla rikastuttaisivat luontoarvoiltaan nykyisellään varsin köyhää turvetuotantoaluetta. Koska suurin osa turvetuotantoalueesta on yksityisiltä maanomistajilta vuokrattuna, alueen jatkokäyttöön vaikuttaa maanomistajien halukkuus lähteä mukaan kosteikon rakentamishankkeisiin.

9 Päätäntä

Opinnäytetyössä saadut tulokset perustuvat keskimääräisiin, aiemmista tutkimuksista saatuihin tuloksiin. Ne luultavasti poikkeavat hieman alueen todellisista keskimääräisistä kuormitusarvoista, jotka saataisiin vain analysoimalla alueelta pitkällä aikajaksolla otettuja vesinäytteitä. Yleisestikin vesistöön kohdistuva kuormitus vaihtelee alueellisesti melko paljon. Lisäksi alueen hydrologia ja valunnan määrä vaihtelevat vuodenaikojen ja vuosien mukaan, joten keskimääräisten arvojen käyttö on järkevää. Vaikka kuormituslaskenta kohdistettiin maankäyttömuotojen mukaan vuoteen 2013, edustaa se hyvin myös pitemmän aikajakson teoreettista keskiukuormitusta. Realistiseen tulokseen pyrittiin hankkimalla maankäyttömuotojen tiedot mahdollisimman tarkasti.

Puruveteen päätyvän kuormituksen määrää laskettaessa ongelmallisena koettiin Rauvanjärvi. Rauvanjärven todellinen pidätyskyky ravinteiden ja hienojakoisen kiintoaineen osalta voi olla ainakin tulvahuippujen aikaan heikko. Järvi voi

toimia tällöin myös kuormituslähteenä, jos sinne aiemmin sitoutuneet ravinteet lähtevät tulva-aikaan liikkeelle. Kevään tulva-aikaan kasvit eivät myöskään ole vielä sitomassa liukoisia ravinteita. Jonkin verran kiintoainetta saadaan todellisuudessa pidätettyä lisäksi pohjapadoilla, joiden tehokkuudesta ei ole tutkimustietoa saatavilla. Tehokkuutta on myös vaikea arvioida riittävän tarkasti. Kokonaisuuden kannalta ne eivät kuitenkaan ole tällä valuma-alueella merkittäviä kiintoaineen pidättäjiä. Samoin Rauvanjärveen ja Tursaslampeen ilmalaskeumana tuleva kuormitus voidaan katsoa tässä laskelmassa merkityksettömäksi suhteellisen pienen vesipinta-alan takia.

Tätä opinnäytetyötä varten hankittua aineistoa on käsitelty luottamuksellisesti ja sitä on käytetty vain tässä työssä esitettyjen tulosten saamiseksi. Tutkimusta varten saadut aineistot hävitetään asiaan kuuluvalla tavalla opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

Lähteet

- Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja A. Helsinki. Valtion painatuskeskus. Pasilan VALTIMO.
- Ahtiainen, M., Finér, L., Haapanen, M., Kenttämies, K., Mattson, T. & Rämö, A. 2003. Näkyvätkö hakkuun ja maanmuokkauksen vaikutukset valumaveden laadussa – tehoavatko ympäristösuojeluohjeet? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886. Saarijärvi; Gummerus Kirjapaino Oy. 25–33.
- Ekholm, P., Kenttämies, K. & Haapanen, M. 2006. Fosforin käyttökelpoisuus metsävalumavesissä. Metsätalouden vesistökuormitus, MESUVE-projektin loppuraportti. Vantaa; Dark Oy. 93–100.
- Finér, L. 2013. Metsäojitus lisää kiintoaineen kulkeutumista vesistöihin, mutta vähentää humuskuormitusta.
<http://www.metla.fi/tiedotteet/2013/2013-10-09-kunnostusojitus.htm>
- Häikiö, M., Laitinen, J., Lakso, E. & Lehtinen, A. 1998. Laskeutusaltaiden käyttökelpoisuus viljelyalueiden vesiensuojelussa. Helsinki; Oy Edita Ab.
- Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S. & Vuollekoski M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu – kouluttajan aineisto.
www.ymparisto.fi/download/noname/%7B0826DCC9-B85D.../91697
- Joensuu, S., Kauppila, M., Tenhola, T., Lindén, M. & Vuollekoski, M. 2013. Metsätalouden koteikkojen vesiensuojelullinen ja muu merkitys. Metsätalouden vesiensuojelupäivät -esitys. Tapio.
www.metla.fi/tapahtumat/2013/vesiensuojelu/Joensuu.pdf
- Joensuu, S., Makkonen, T. & Matila, A. 2007. Metsätalouden vesiensuojelu. Metsäkustannus Oy.
- Jämsén, J. & Marttila, H. 2011. Ohjeistus virtaamansäätöpadon rakentamiseen. Metsäkeskuksen julkaisu nro 5/2011.
www.metsakeskus.fi/fi_FI/c/document_library/get_file?uuid...
- Kaartinen, K. 2014. Tie- ja oja-asiantuntija. Metsänhoitoyhdistys Itä-Savo. Henkilökohtainen tiedonanto 25.4.2014.
- Kangasluoma, M., Nikula, A., Leskelä, A., Sillanpää, J. & Kainua, K. 2013.
http://www.vapo.fi/filebank/1706-Poyry_Ominaiskuormituselvitys_230413.pdf
- Kasurinen, S., Hämäläinen, T., Ollikainen, S. & Heinonen, P., Puruveden kunnostamistarpeet, yleissuunnitelma.
- Kenttämies, K. & Mattson, T. 2006. Metsätalouden vesistökuormitus, MESUVE-projektin loppuraportti. Vantaa; Dark Oy.
- Kettunen, K. 2012. Vedenpidättäminen valuma-alueella vesiensuojelun ja tulvanhallinnan menetelmänä. Oulun yliopisto. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö.
- Kivisaari, H. 2014. Vapo Oy. Sähköpostiviesti. 24.3.2014.
- Kortelainen, P., Finér, L., Mattsson, T., Ahtiainen, M., Sallantausta, T., Kubin, E. & Saukkonen, S. 2003. Luonnonhuuhtouma metsäisiltä valuma-alueilta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886. Saarijärvi; Gummerus Kirjapaino Oy. 17–23.

- Kukkonen, M., Niinioja, R. & Puustinen, M. 2004. Viljelykäytäntöjen vaikutus ravinnehuuhtoutumiin Liperin koekentällä Pohjois-Karjalassa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 367. Saarijärvi; Gummerus Kirjapaino Oy.
- Lehtinen, J. 2013. Metsäneuvoja. Metsäkeskus Etelä-Savo. Tapaaminen 5.12.2013.
- Mattila, H. & Kirkkala, T. 2005. Kunnostuksen rahoitusmahdollisuudet ja kustannusarvion laatiminen. Teoksessa Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. Helsinki; Edita Prima Oy.
- Nieminen, M., Ahti, E., Nousiainen, H., Joensuu, S. & Vuollekoski, M. 2005. Capacity of riparian buffer zones to reduce sediment concentration in discharge from peatlands drained for forestry. *Silva Fennica* 39(3). 331–339.
- Ojalainen, P. & Loikkanen, R. 2014. Savonlinnan kaupunki, Tekninen toimi. Henkilökohtainen tiedonanto. Helmikuu 2014.
- Raassina, J. 2013. Metsäpalveluesimies. Pohjois-Karjalan Metsäkeskus, Metsäpalvelut. Tapaaminen. Lokakuu 2013.
- Raassina, J. 2014. Metsäpalveluesimies. OTSO-Metsäpalvelut, Pohjois-Karjala. Sähköposti 3.3.2014.
- Saukkonen, S. & Kortelainen, P. 1995. Metsätaloustoimenpiteiden vaikutus ravinteiden ja orgaanisen hiilen huuhtoutumiseen. Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta, METVE-projektin loppuraportti. Helsinki; Oy Edita Ab, Suomen ympäristökeskuksen monistamo. 15–33.
- Tossavainen, T. 2014. Luentomateriaali.
- Tossavainen, T. 2014. Karelia-ammattikorkeakoulu. Tapaaminen. 12.3.2014.
- Uusitalo, R. Fosfori maatalouden kuormituksessa. Julkaisussa Ympäristövies-tintä YVT Oy. Vesitalous 3/2004. Maatalous, haja-asutus. Forssan Kirjapaino Oy, 24.
- Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 2010. Turpeen tuotanto ja käyttö. VTT:n tiedotteita. Helsinki; Edita Prima Oy. www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2550.pdf
- Vilpas, R., Kujala-Räty, K., Laaksonen, T. & Santala, E. 2005. Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo. Suomen ympäristökeskus. Vammala; Vammalan Kirjapaino Oy.
- Ympäristöhallinto. 2013. Puruvesi. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Puruvesi%286542%29